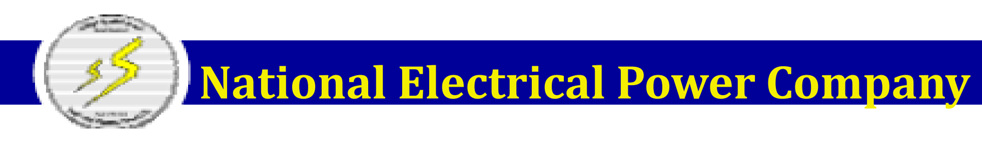
TRANSFORMERS

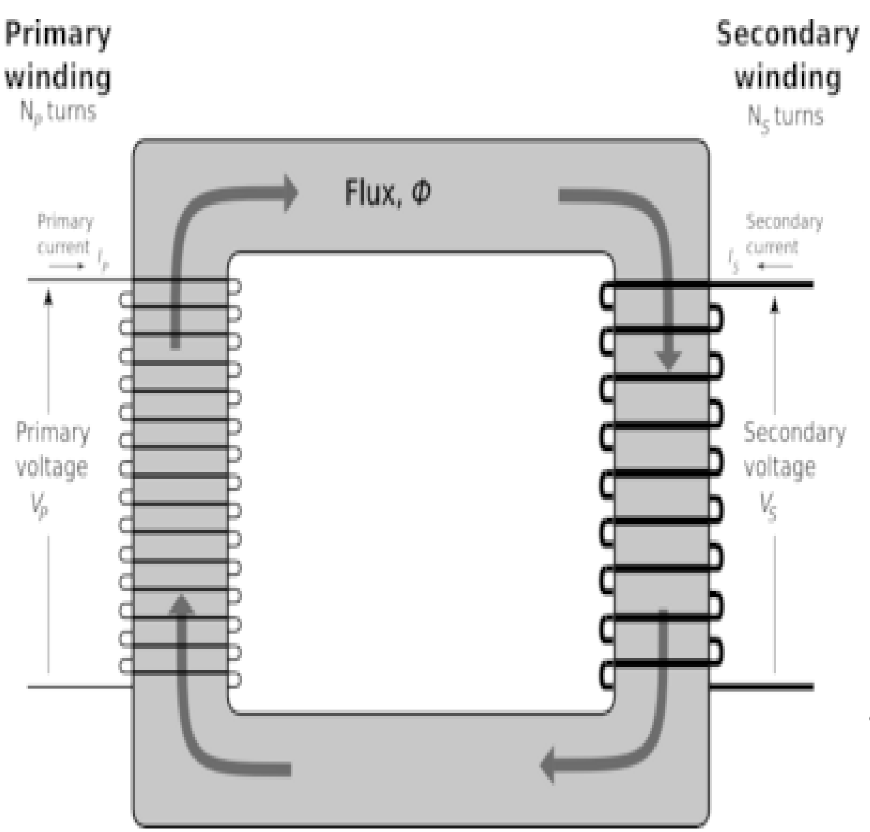


- **المحول :-**
- هو معدة ساكنة لا تحتوي على أجزاء متحركة تستخدم لنقل القدرة من جهة إلى جهة أخرى وذلك بتغيير قيم مكونات هذه القدرة (الجهد والتيار) مع المحافظة على التردد.

- **الغرض من المحول :**
- نظراً لتوليد القدرة الكهربية فى أماكن بعيدة عن المستهلكين لذلك تستخدم المحولات لنقل القدرة الكهربية بضغوط مرتفعة الى أماكن استهلاكها ثم تخفض إلى ضغوط التشغيل .
- ونتيجة لنقل القدرة الكهربية بجهود مرتفعة تحقق عدة فوائد منها :

- 1- توفير فى ثمن الموصلات حيث أمكن استخدام موصلات ذات مقطع أصغر .
- 2- توفير فى القدرة المفقودة فى الموصلات وكذلك فى ثمن الطاقة الكهربية المفقودة
- 3- رفع كفاءة خطوط نقل القدرة الكهربية .

نظرية المحول:



عند تطبيق تيار متردد على الملفات الابتدائية وبإغلاق الدارة الثانوية يتكون مجال مغناطيسي متردد يقطع القلب الحديدي ليكون قوة دافعة كهربائية على كلا الملفين .

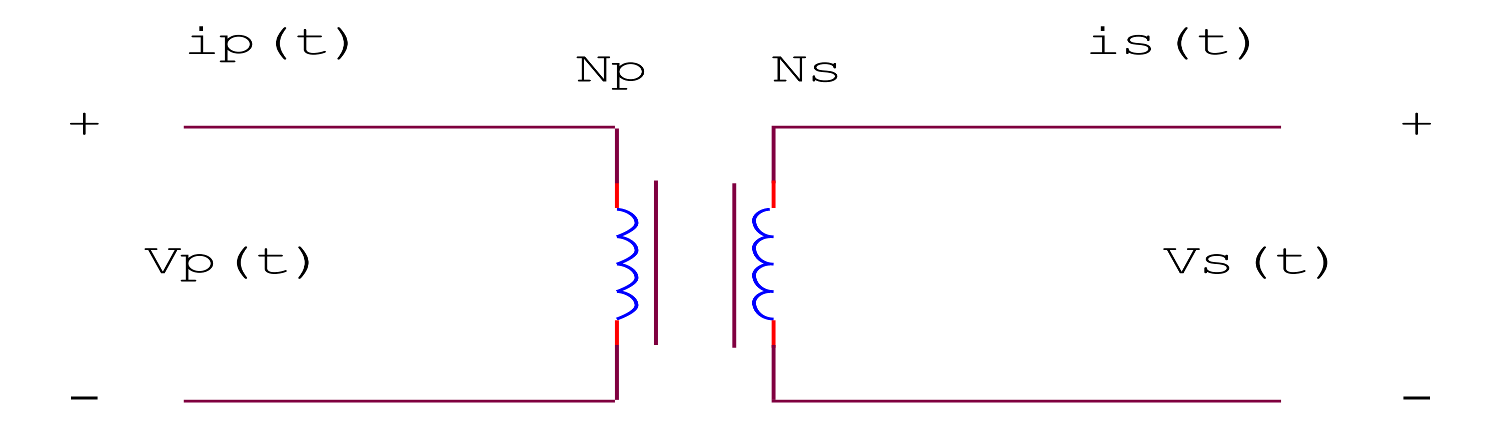
عملية الاتصال بين الملفات عن طريق المجال المغناطيسي .

في حال فتح دائرة الملف الثانوي لا يحدث استهلاك للطاقة (العمل العقيم للمحول) بسبب تكوين تيار تأثيري عكسي مساوياً ومعاكساً للتيار الأصلي فينعدم التيار في الابتدائي

معادلة المحول :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

المحول المثالي:



N_S = No. of windings on the secondary

i_S = Current out from the secondary

V_S = Voltage across the secondary

N_P = No. of windings on the primary

i_P = Current into the primary

V_P = Voltage across the primary

$V_p / V_s = N_p / N_s = I_s / I_p = k$ نسبة التحويل

If $k < 1$ محول رافع للجهد

If $k > 1$ محول خافض للجهد

قدرة المحول:

لكل محول تيار اسمي معين يكون قادر على إعطاءه عند الفولتية المعينة له. و تقاس قدرة المحول MVA or KVA و إذا تم تجاوز هذه القدرة المعينة للمحول ينتج حرارة زائدة على القلب الحديدي للمحول و الملفات مما يؤدي إلى تلف المحول.

أجزاء المحول:

تشترك جميع المحولات على أنها تحتوي على ثلاث أجزاء رئيسية وهي:

1- الملف الابتدائي

2- الملف الثانوي

3- القلب الحديدي

كيفية تمييز أطراف المحولات:

تميز أطراف ملفات الضغط العالي بالرمز لها بالحروف الكبيرة A,B,C وتميز أطراف ملفات الضغط المنخفض بالحروف الصغيرة a, b ,c وتميز أطراف الضغط العالي بالنظر إلى مساحة مقطعها حيث تكون أقل من مساحة مقطع أطراف ملفات الضغط المنخفض إذا كان محول خافض للجهد . أو بواسطة قياس مقاومة كل ملف فالملف ذو المقاومة الأكبر هو ملف الضغط العالي إذا كان المحول خافض للجهد .

و يمكن أيضا التمييز عن طريق النظر إلى الجلبات **(Bushing)** بحيث أطراف الضغط العالي تكون الجلبات لها اكبر من ملفات الضغط المنخفض.
وتكون الجليات مصنوعة في العادة من المبلمرات أو البورسلاين

خسائر المحول: لكل محول خسائر و ضياعات يجب أخذها بعين الاعتبار.

1.خسائر الملفات

1.Copper losses (I^2 R)

2.الفيض الضائع

2.Leakage Flux losses

3.خسائر القلب

3.Core losses:

***Eddy currents**

***Hysteresis losses**

الدارة المكافئة للمحول: للمحول دارة مكافئة يكمن تمثيلها كما يلي

تصنيف المحولات:

تصنف المحولات حسب نوع التصنيف إلى عدة أنواع. و منها:

التصنيف حسب عدد الأطوار:

1. محولات أحادية الطور
2. محولات ثلاثية





تصنيف المحولات من حيث نوع الخدمة :-

.محولات القوى ، محولات التوزيع ، محولات الأجهزة ،محولات التأريض .



1.محولات القوى وهي محولات كبيرة الحجم ،تستخدم لرفع أو خفض الفولتية في المنظومة الكهربائية .

تبنى بالقرب من محطات التوليد ، أو عند مداخل المدن الرئيسية .

منها يسمى داخلي ، خارجي ، أو داخلي خارجي .

تصنف من أنظمة الفولتية العالية .

تعتمد تسميتها وكلفتها ومكان بناؤها على عدة عوامل .

وقدرتها تقاس بـــ **MVA**

محولات التوزيع :-

جميعها محولات خافضة للجهد.

تعتبر حلقة الوصل بين محولات القوى والأحمال.

منها الرئيسية والفرعية التي تكون قريبة من مناطق الاستهلاك .

تصنف من أنظمة الفولطية المتوسطة .

أنواعها إما داخلي أو خارجي أو على أعمدة،قاعدة إسمنتية ،داخل صناديق معدنية. و تقاس قدرتها بـــ **KVA** أو **MVA**









محولات الأجهزة :-

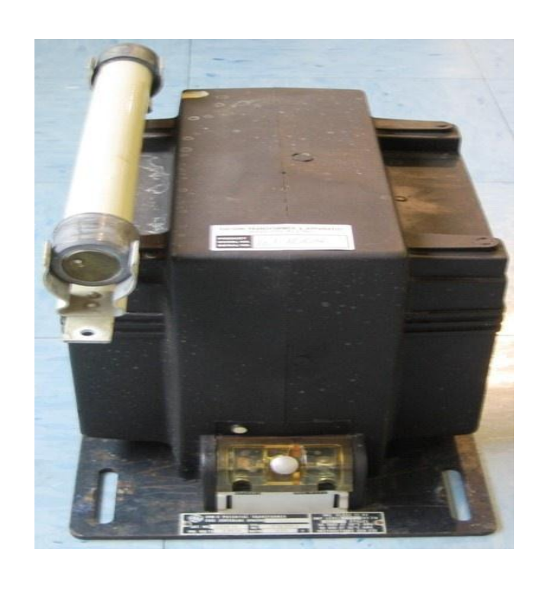
تستخدم مع أجهزة القياس والتحكم .
منها محولات الفولطية ومحولات التيار .

محولات الفولتية تحول الجهود العالية إلى 110 فولت.
محولات التيار تحول تيار الشبكة إلى 1أو 5 أمبير .

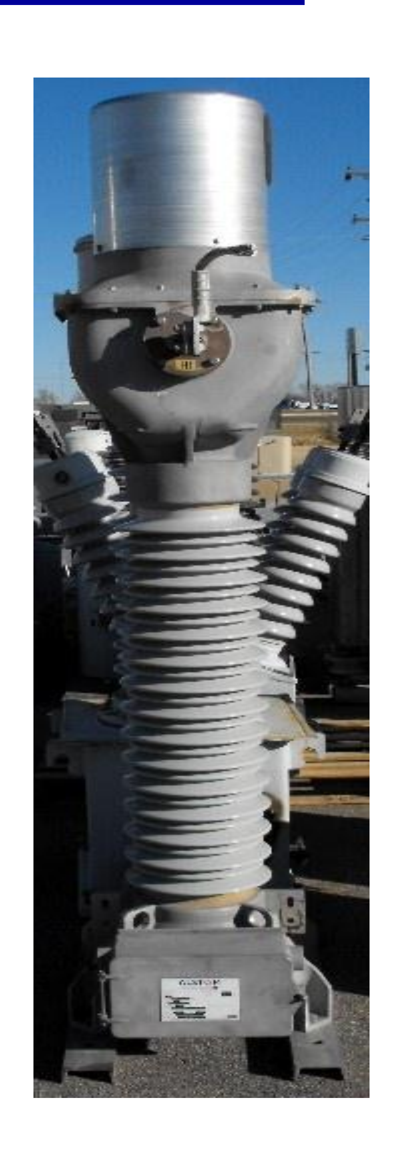
الغرض منها :-

1. قياس تيارات و فولطية الشبكة في الحالات التشغيلية و العطليه.
2. لعزل أجهزة القياس والوقاية عن فولطية الدارة الرئيسة.
3. تحويل قيم التيار و الفولطيه إلى قيم قياسيه لنتمكن من استخدام معدات قياس ووقاية ذات مقاييس محددة.
4. ثمن معدات القياس والوقاية مع المحولات أقل من ثمن المعدات التي قد تستخدم مباشرة على الدوائر الرئيسة.






H1

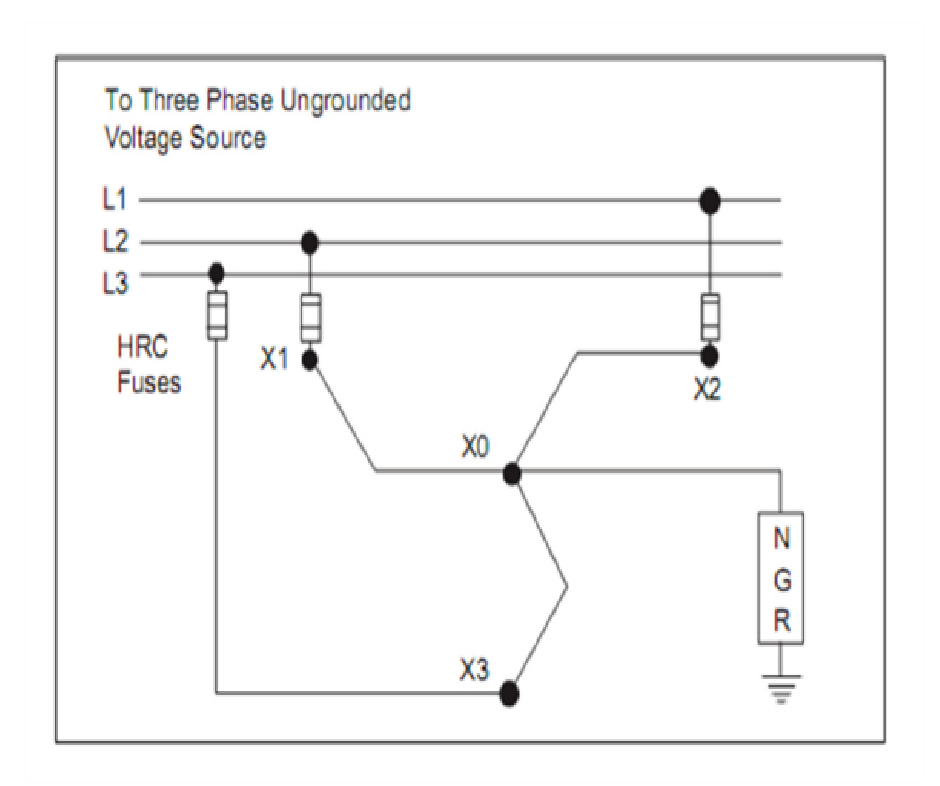


محولات الـتأريض :-

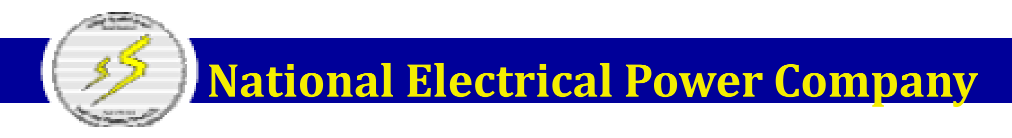
و تسمى المحولات المساعدة : وهي المحولات التي تكون مرافقة لمحولات القوى الرئيسية ذات القدرة العالية أو المتوسطة ، ولها عدة فوائد نذكرها كما يلي :

تأمين نقطة تعادل للدارة الثانوية في محولات القوى .

تزويد احتياجات محطة التحويل بالطاقة الكهربائية كالإنارة والتدفئة والتبريد والشواحن ويكون محول التاريض **(Zigzag)** موصولا على شكل Y. و بعدها تكون نقطة التاريض إما موصولة مباشرة إلى الأرض أو عن طريق مقاومة **(NGR)**.



فعند حدوث عطل , يوفر (zigzag)
ممرا للتيار عن طريق NGR.



Zigzag Transformer



العناصر الأساسية المكونة للمحول :
المكونات الرئيسية للمحول :-

1- القلب الحديدي :-

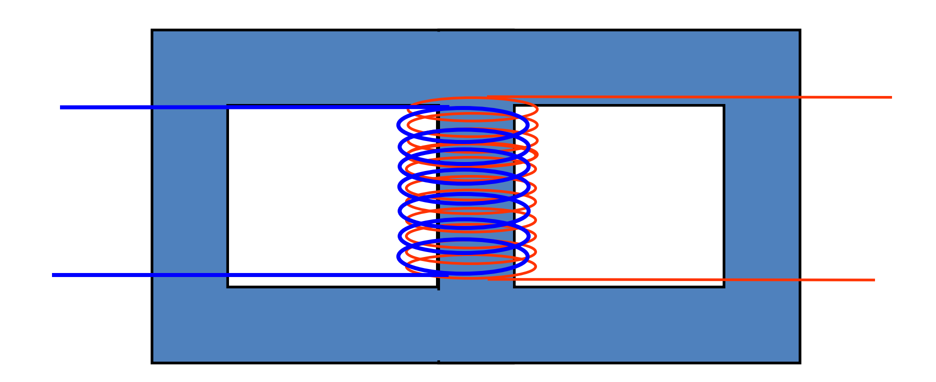
- يصنع من رقائق من الفولاذ السليكوني ، بحيث توضع ملاصقة لبعضها البعض ثم تربط ببعضها جيداً لتكون القلب الحديدي .

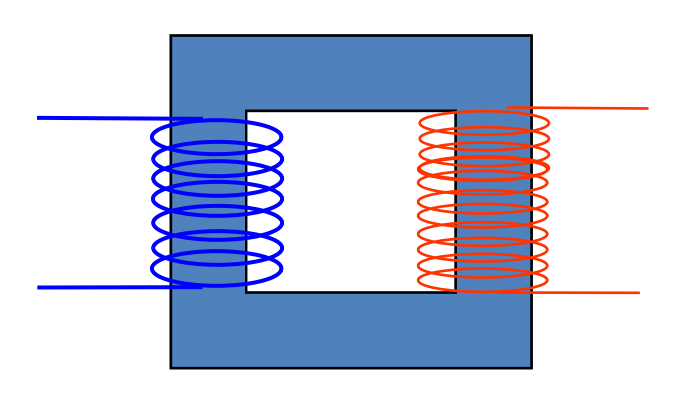
-سماكة الصفائح يتراوح بين 0,3 – 0,5 ملم .

-وتعزل عن بعضها بالورنيش أو الورق وذلك لتقليل المفقود الناشئ من التيارات الإعصارية ويزيد السليكون من معامل نفاذ الحديد وبالتالي يقلل من مفاقيد التعويق المغناطيسي .

-يضغط القلب بواسطة هيكل معدني معزول :

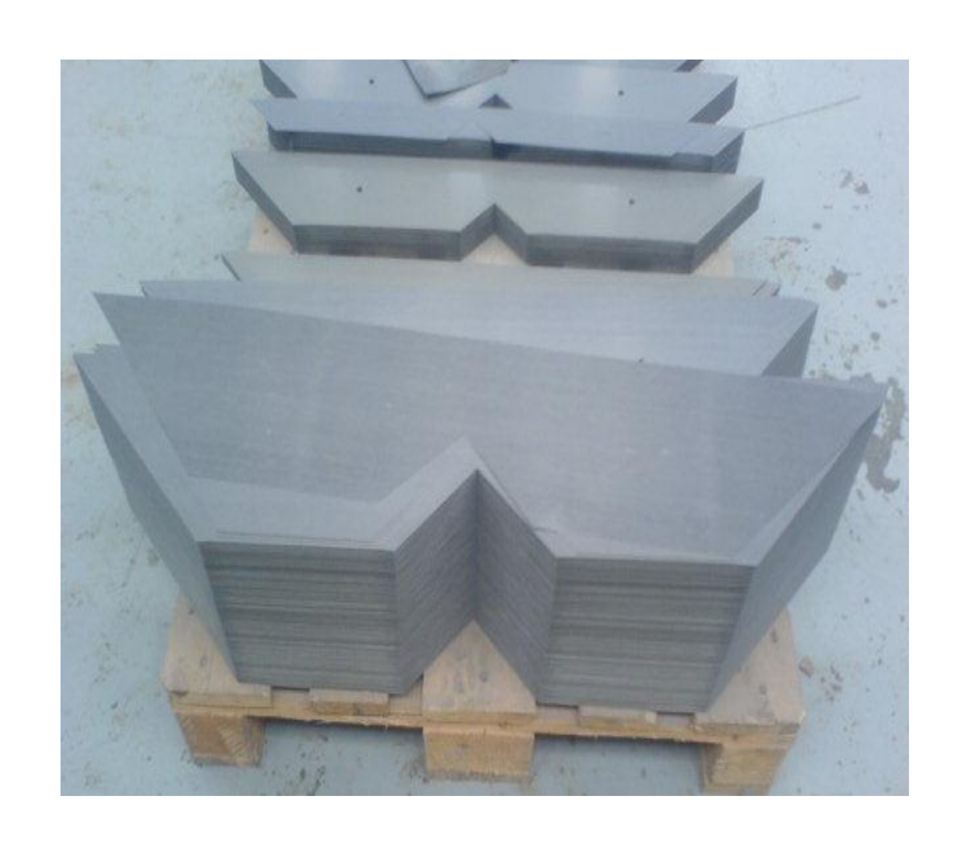
1- لحمل القلب مع الملفات .
2- لتقليل الاهتزازات في المحول ما أمكن .
3- لتحمل الإجهاد الميكانيكي .





Shell type

Core type

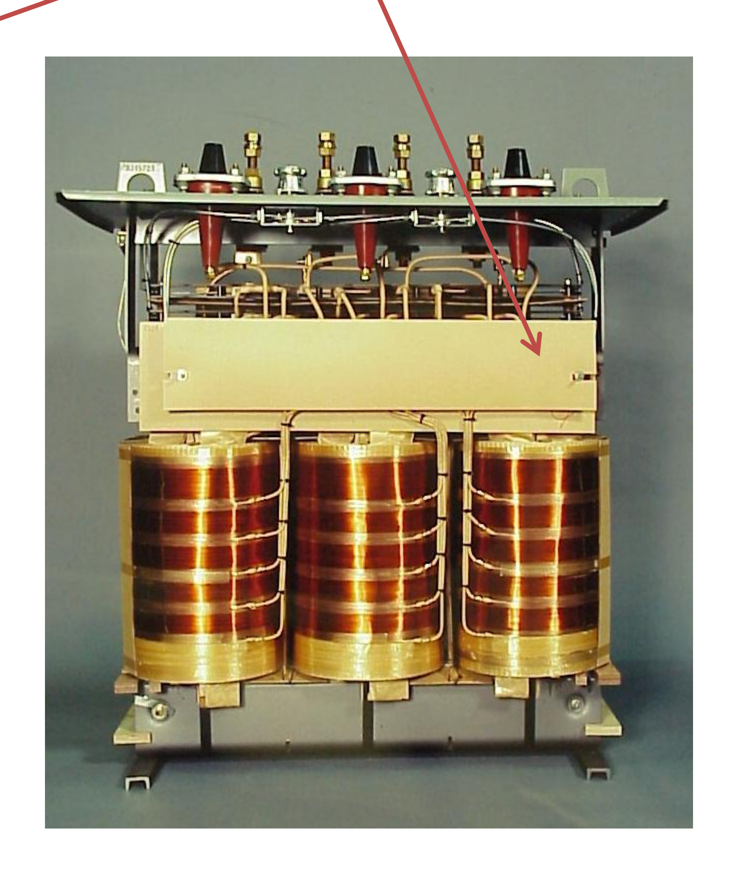




رقائق من الفولاذ السليكوني قبل التجميع

الهيكل المعدني





- 2- الملفات :-

(أ)الملفات الابتدائية :

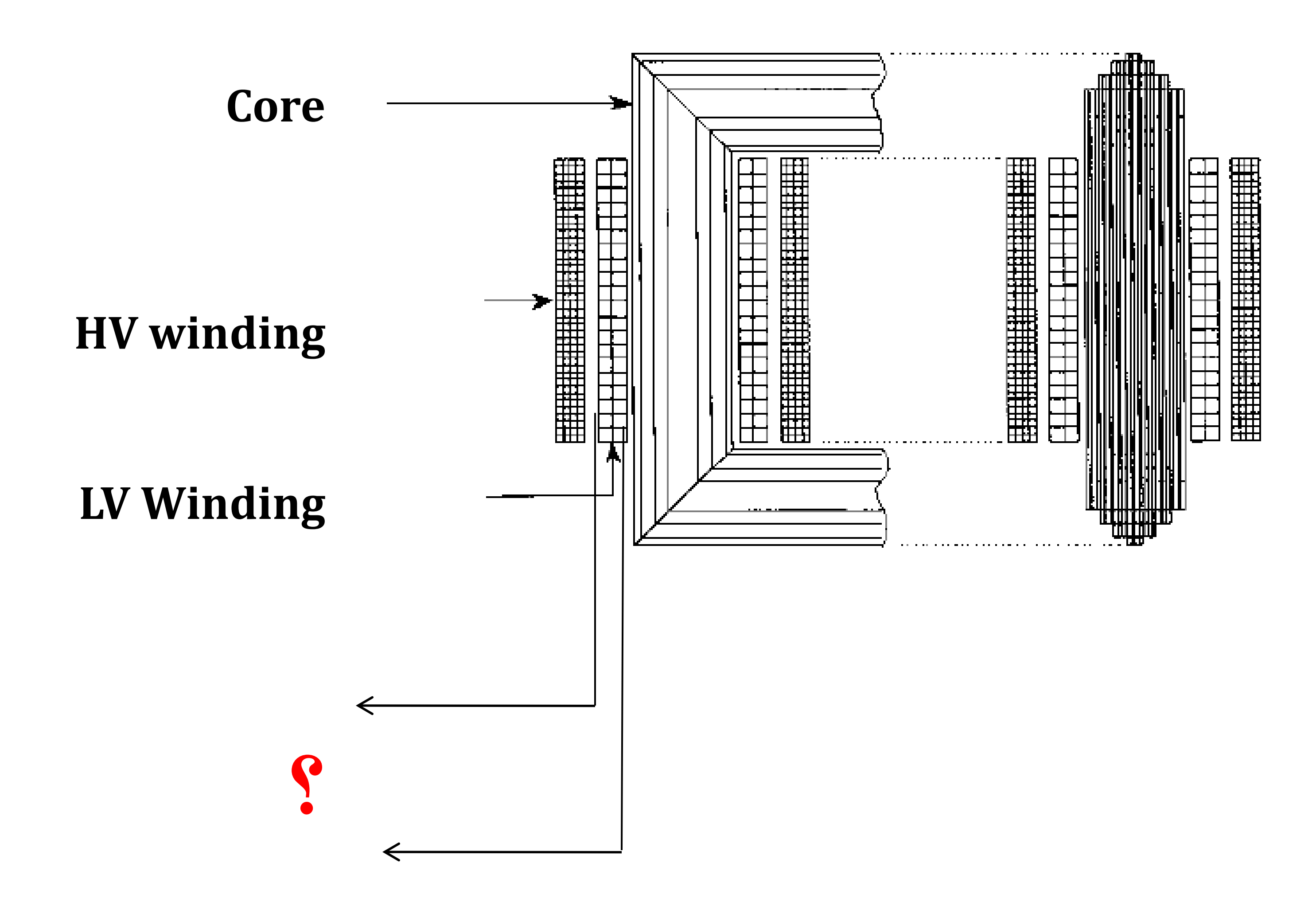
- وهو الملف الذي يتصل بالمنبع ويصنع من سلك النحاس الأحمر جميع لفاته معزولة عن بعضها وعن القلب وعن الملف الثانوي عزلا كهربائياً .
- وتختلف درجة العزل ومساحة المقطع باختلاف قيمة الضغط والتيار المار به .

(ب) الملف الثانوي :

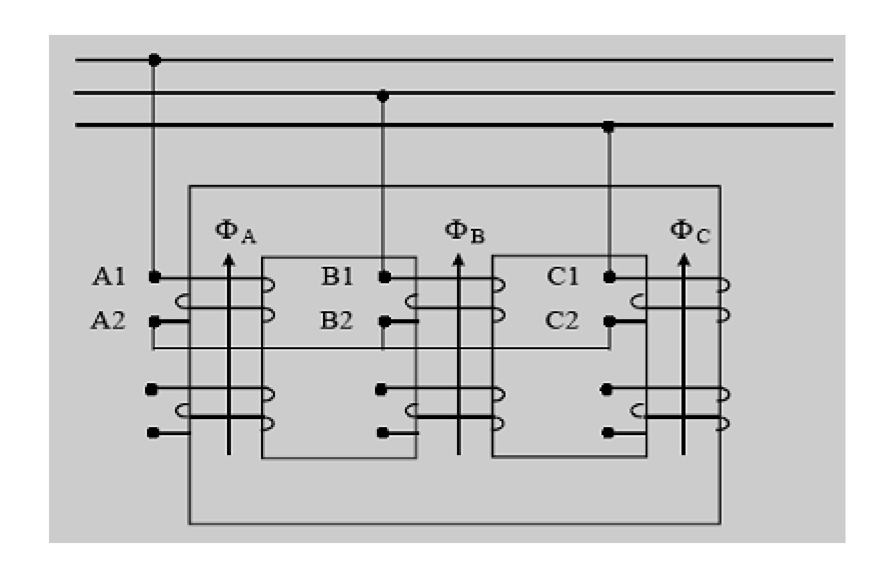
- وهو مثل الملف الابتدائي غير أنة يوصل بالحمل وتختلف عدد لفاته ومساحة مقطعها حسب الضغط على طرفيه والتيار المار به .
- **ثالثاً : أطراف التوصيل :**
- تستخدم لتوصيل أطراف الملفات (الضغط المنخفض والعالي) من داخل المحول إلى خارج المحول .
- وتختلف طرف التوصيل على الآتي :
- في حالة توصيل المحول بكابلات أرضية تستخدم صندوق نهاية مثبت في جانب المحول وتنفذ إلى داخل الوعاء .
- أما في حالة توصيل المحول مباشرة بالخطوط الهوائية أو قضبان التوزيع تكون أطراف التوصيل على غطاء المحول

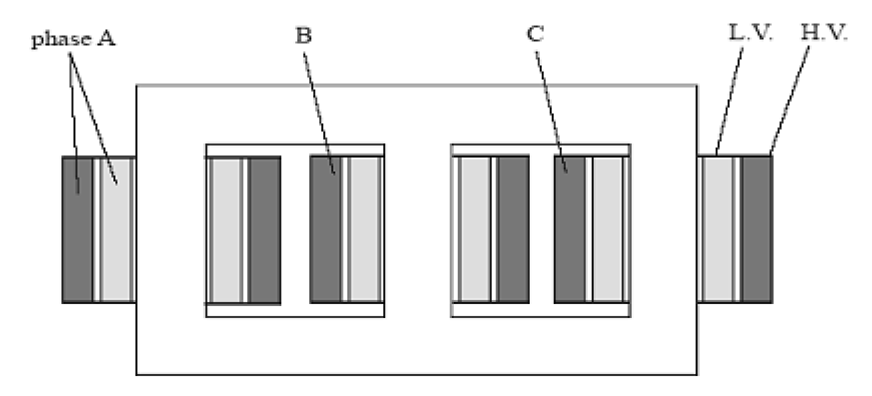
- إشكالها: اسطوانية (دائرية) ، قرصية , لولبية .
- المقطع : دائري ، مربع ، مستطيل .
- طريقة اللف : مفرد أو مزدوج
- .

الترتيب على القلب : عازل – ملف الفولطية المنخفضة – عازل – - ملف الفولطية العالية .


Core
HV winding
LV Winding
؟




ΦA
ΦB
ΦC
A1
A2
B1
B2
C1
C2


phase A
B
C
L.V.
H.V.

- **المواد العازلة :-**
- أ- داخل خزان المحول :
- - اللاك (الورنيش) لعزل صفائح القلب عن بعضها البعض .
- - الباكلايت أو الورق المقوى لعزل أسلاك الملفات .
- - الإسطوانات من الورق المقوى لعزل الملفات عن بعضها البعض وعن القلب ولعزل براغي الهيكل عن القلب .
- - الخشب لعزل القلب عن الهيكل .
- - الشريط القطني أو الورقي لعزل أطراف الملفات .
- - زيت العزل لزيادة العزل والتبريد .

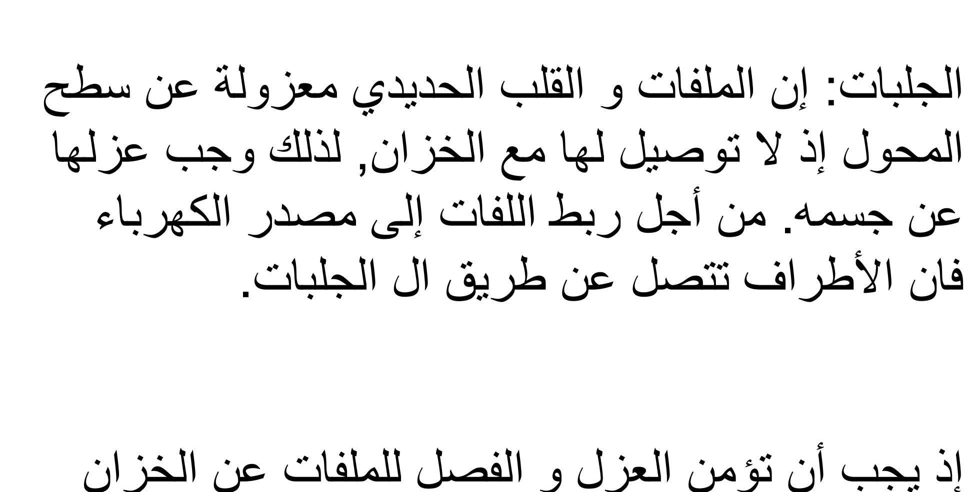
وللعوازل اصناف مقسمة بالاعتماد على الحرارة التي تتحملها منها

Class A (105°C) Class B (130°C)
Class F (155°C) Class H (180°C)


National Electrical Power Company
من المواد العازلة داخل المحول الخشب المضغوط

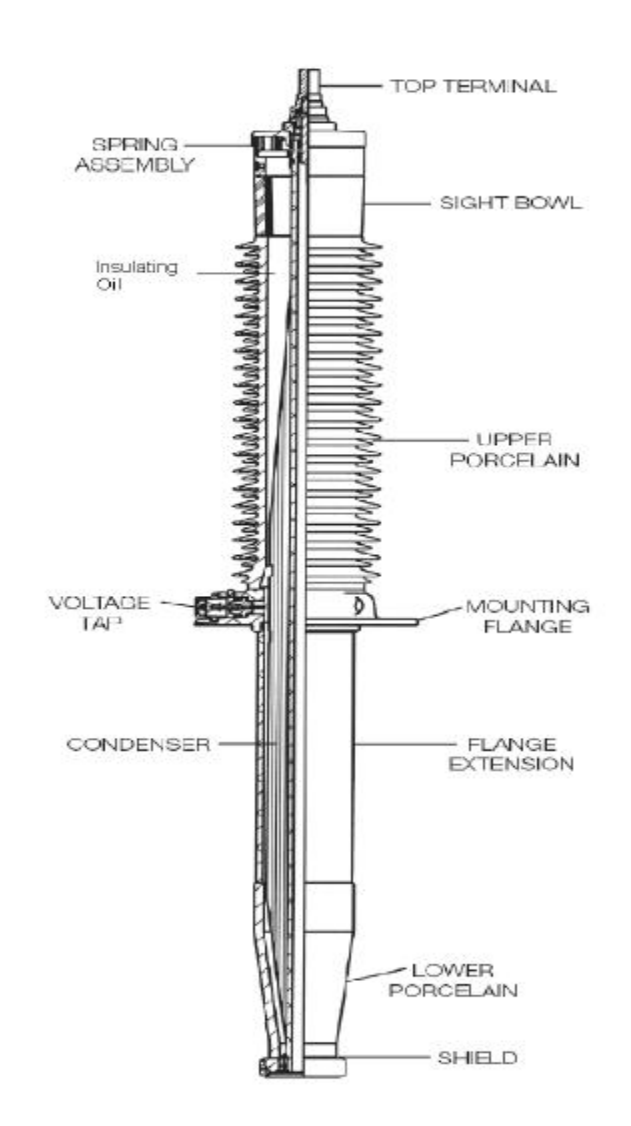
لعزل أطراف الملفات

ب- خارج خزان المحول :-



الجلبات: إن الملفات و القلب الحديدي معزولة عن سطح المحول إذ لا توصيل لها مع الخزان, لذلك وجب عزلها عن جسمه. من أجل ربط اللفات إلى مصدر الكهرباء فان الأطراف تتصل عن طريق ال الجلبات.

إذ يجب أن تؤمن العزل و الفصل للملفات عن الخزان الرئيسي.و يجب أن تتحمل الجلبات تيار المحول لكي . أنواع الجلبات:



تصنف الجلبات إلى عدة أنواع كل حسب نوع التصنيف.

1. وفقا للعزل في نهاية ال bushing

air-to-oil bushing

air-to-SF6

2. وفقا للبناء

Solid Bushing

Capacitance-Graded Bushings

3. وفقا لعزل داخل Bushing

Air-Insulated Bushings	المعزول بالهواء
Oil-Insulated or Oil-Filled Bushings	المعزول أو المملوء بالزيت
Oil-Impregnated Paper-Insulated Bushings	الورق المشبع بالزيت
Resin-Bonded or -Impregnated Paper-Insulated Bushings	
Cast-Insulation Bushings	
Gas-Insulated Bushings	المعزول بالغاز







مغير الجهد: (Tap Changer)

إن مغيرات الجهد على المحول تعمل على تغيير نسبة التحويل بين طرفي المحول و بالتالي تغيير الجهد على الطرف الآخر.
كما هو متعارف عليه أن المحول يجب أن يعطي فولتية ثابتة بغض النظر عن الحمل الموجود عليه, أو فولتية المصدر, لذلك فان نسبة التحويل يجب أن تتغير. و هذا هو مبدأ عمل ال (Tap Changer)

-وظيفته تنظيم الفولطية على أطراف الحمل .
- تعمل مآخذ الجانب الابتدائي على تعويض التغيرات الطفيفة في جهد منظومة التوزيع الأولي وخاصة إذا كان المحول بعيداً عن محطة التوزيع ، حيث تظهر تغيرات ملحوظة في الجهد على الجانب الابتدائي للمحول .
-وتعمل مآخذ الجانب الثانوي على تنظيم جهد الحمل الموصول على هذا الجانب ، حيث يتغير جهد أطراف الثانوي بتغيير تيار الحمل .
يتم توصيلة مع ملف الفولتية العالية وذلك :
1- لأن ملف الفولتية العالية قليل التيار .
2- التغيير في المجال المغناطيسي قليل .
3.ملف الفولتية العالية يحوي ملفات أكثر عددا.
4.نظرا لموقع الفولتية العالية على القلب يجعلها أسهل لتغيير نسبة التحويل.

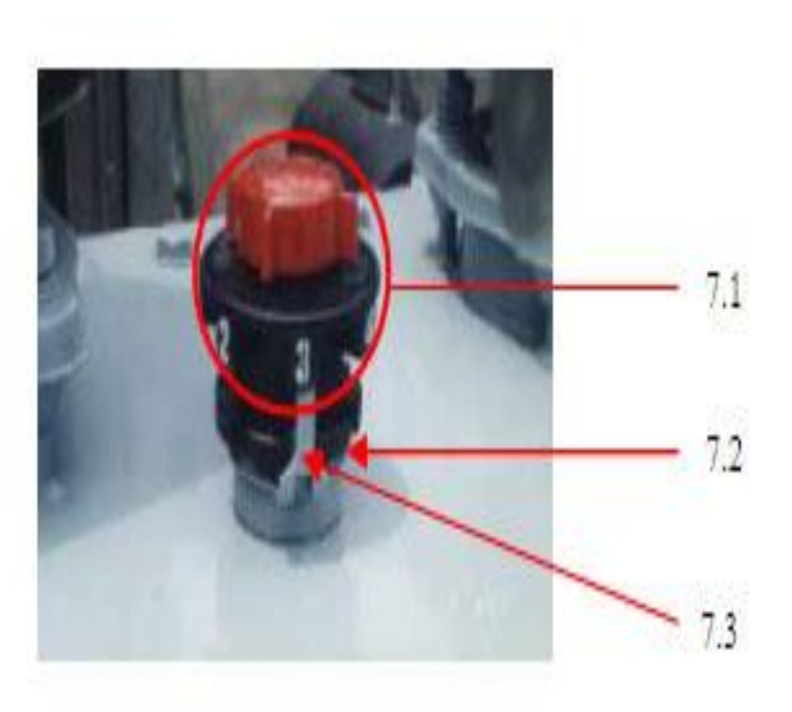
أنواع (Tap Changer) :

1.Off Load Tap Changer

هذا النوع في الأغلب يكون للمحولات المستخدمة في التوزيع (LV and MV) . عند تغيير Tap في هذا النوع يجب أن يكون المحول مفصولا عن الدارة قبل عملية تغيير Tap له. حيث أن أطراف Tap له غير مصممة لإخماد أي تيار أو حتى تيار اللا حمل. حيث انه إذا تم تغيير Tap له وهو متصل بالدارة , سينتج (ARCING) داخل المحول مما يؤدي إتلاف Tap و المحول.

هذا ويكون مغير الجهد داخل الزيت عند التركيب . وهذا النوع يستخدم عادة مع محولات التوزيع ويوجد منه من يعمل على (20 أو 30 كيلو فولت) ويتحمل تيارات (10،30،60 أمبير) ويوجد منه ما يتغير بين(3-7 خطوات) ولهذا النوع أشكال متنوعة.




7.1
7.2
7.3


C
B
A

2.On Load Tap Changer

في هذا النوع كما اسمه يدل أن التغيير للـ Tap يتم و المحول متصل بالدارة أي لا داعي لفصل المحول . حيث انه مصمم لكبح التيارات العالية عند التغيير. ولمنع وصول الشرارة يجب وجود زيت في صندوق مغير الجهد . ويكون هذا النوع من مغيرات الجهد إما مستقلا معزولا عن خزان المحول أو ينصب بخزان المحول وهناك محرك يقوم بعملية تغيير الجهد. حيث يتم ذلك عن طريق (AVR).

Line

HV
Voltage
Varying

Reactors

Neutral
End

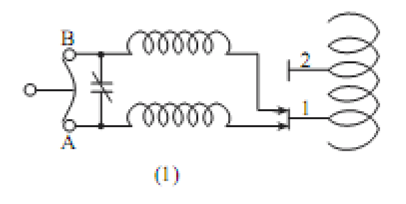
Bypass
Switch

Vacuum
Switch

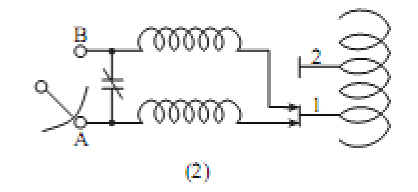
8
7
6
5
4
3
2
1

Selector
Switch

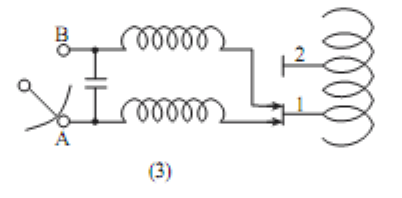
LV
Cont
Voltage



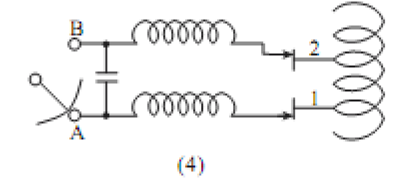
(1)



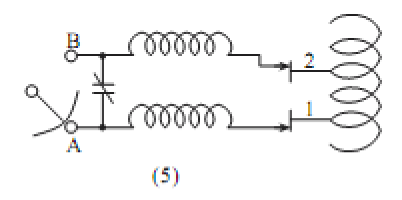
(2)



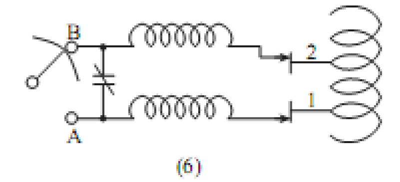
(3)



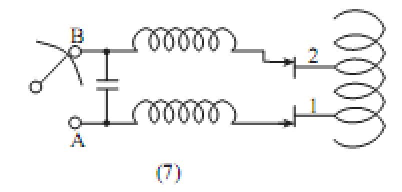
(4)



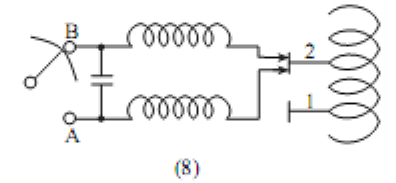
(5)



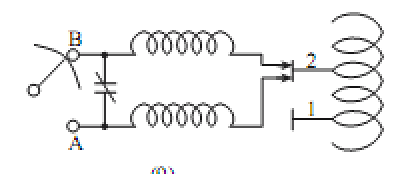
(6)

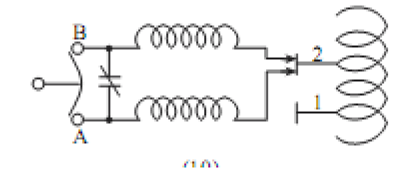


(7)



(8)





الخزان الرئيسي:

إن وظيفة الخزان الرئيسي هي حمل كتلة المحول من قلب حديدي و ملفات و مواد عازلة..
إذ يتكون من عدة إشكال, فمنه الدائري , المستطيل والقطع الناقص.
وهي مصممة لعزل الجو الخارجي عن المحول وتحمل الاهتزازات والضغط

يصنع من صفائح الحديد ويختلف شكل الخزان باختلاف قدرة المحول حيث يشكل سطحه بحيث يكون كافياً لفقد الطاقة الحرارية الناتجة من المفاقيد الكهربية . والتي تنقل إليه بواسطة زيت التبريد
.
وقد يحتوى على مجارى (أنابيب) لسحب الزيت وتبريده ثم إعادته في القدرات العالية .
ويركب على قاعدة الوعاء عجل بحيث يسهل نقل المحول .
تزداد سماكة قاعدة المحول على قاعدة الوعاء . و الخزان الرئيسي يتصل به عدد من الاجهزة سيتم ذكرها لاحقا.

فائدة الخزان الرئيسي :

1- حماية القلب والملفات باحتوائه لها .
2- حمل أطراف ومخارج التوصيل .
3- وضع وحفظ زيت المحولات المستخدم في تبريد وعزل المحول .
4- حمل مواسير الإشعاع للمحول









سادسا : خزان التمدد (الخزان المساعد) :

ويكون الخزان المساعد مملوء بالزيت و يصل بالخزان الرئيسي. بحيث يحافظ على مستوى الزيت في الخزان مهما تعرض للتمدد او التقلص.

يصنع من صفائح الحديد الصلب ويثبت على السطح العلوي للمحول.
ويصل بالخزان الرئيسي بماسورة توصيل حيث تلتقي به فى أعلى.
يقدر حجمه 10/1 حجم الخزان الرئيسي .

يتصل مع الخزان الرئيسي بواسطة إنبوب والغرض من إستخدامة :-
تأمين الإمتداد الكامل للخزان الرئيسي بالزيت .
تقليل سطح الزيت الذي قد يتعرض للهواء إلى أقل حد ممكن .
المحافظة على جودة الزيت بتقليل إحتمالات تأكسدة او تعرضة للرطوبة .
تسهيل تمدد وتقلص الزيت نتيجة للتغير في الحرارة .

والخزان المساعد قد يكون أيضا لــ (tap changer) أو يكون هنالك خزان مساعد له. والهواء الذي فوق الزيت يكون متصلا بأنابيب عبر جهاز خاص يقوم بتنقية الهواء الداخل.





Conservator tank

Oil Level Indicator

OLTC to Conservator

OLTC

Breat-her

الأجزاء المتصلة بالخزان المساعد:

1.مبين مستوى الزيت

2.صمام تزويد الزيت.

3.جهاز التنفس للمحول.

4.جهاز البوخلز.

مبين مستوى الزيت :-

إن نقصان مستوى الزيت يدل أن هنالك تسريب من المحول و في الأغلب يكون من ال (Bushing) .

يتم تركيبه على الخزان المساعد في الغالب .

الغرض منة هو مراقبة مستوى الزيت أثناء الخدمة .

يتم تعبئة الزيت في المحول حسب درجة حرارة الوسط المحيط وإلى المستوى المقابل لتلك الحرارة على المبين .

أشكالها مختلفة منها الأنبوبي ومنها الذي يعمل على مبدأ المؤشر الذي يكون موصولاً مع عوامة تكون موجودة على سطح الزيت في الخزان المساعد .


MAX
MIN


MAX
+20°C
Messko
MIN

جهاز التنفس:

إن عملية تنفس المحول تتمثل بسحب الهواء من الداخل و دفعه إلى الخارج.فعندما يكون المحول محملا أو غير محمل فان حرارة الزيت ترتفع أو تنهار. والهواء الداخل للمحول يجب أن يكون خاليا من الشوائب و الرطوبة. فالجهاز يعمل على ذلك عن طريق ماده خاصة غالبا هي السليكا جل.و تكون ممزوجة بكلوريد الكوبالت لإضافة اللون لها.

جهاز التنفس مكون من :-

- اسطوانة شفافة أو بها فتحة شفافة .
- مادة ماصة للرطوبة .
- حوض أسفل الأسطوانة مملوءة بالزيت .




ALSTOM

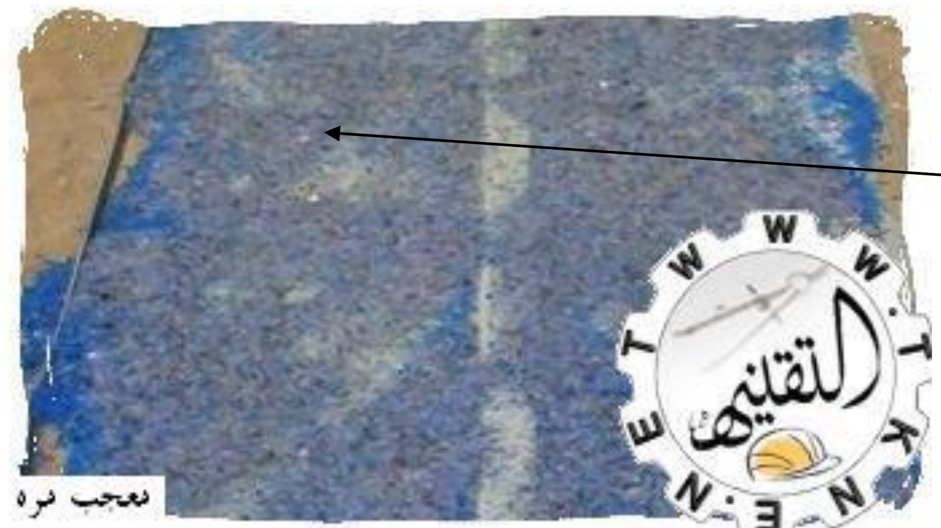
إذ أن مادة السليكا تستخدم لامتصاص الرطوبة والزيت بعمل على إزالة الشوائب.

إن مادة السليكا جل تغير لونها إذا أشبعت بالرطوبة. حيث يتحول لونها من اللون الأزرق إلى اللون الزهري. وف بعض الأنواع من اللون البرتقالي إلى الأخضر.

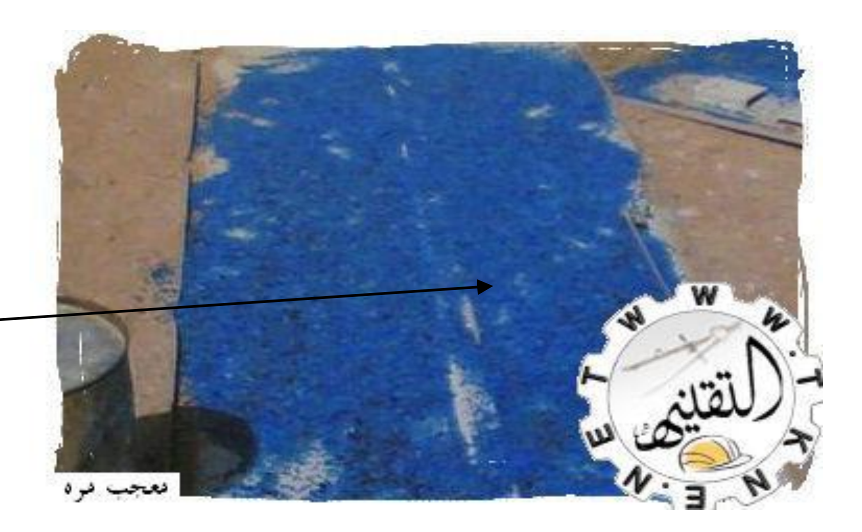


نعلم إن مادة (السلكاجل)المستخدمة بالمحولات عند تشبعها بالرطوبة يتغير لونها بحيث إذا وصل التشبع إلى ثلثي المادة تقل قدرتها على امتصاص الرطوبة.
ويجب عند ذلك استبدالها بجديد "ولكن في بعض الأحيان لا تكون متوفرة .

نشر السلكاجل على صفيحة معدن ووضعها تحت الشمس خاصة في فصل الصيف وتركها أربع ساعات وقت الظهيرة .سوف تقوم الحرارة الهائلة بتبخير الماء والرطوبة منها وعندها تعود إلى لونها الطبيعي (الأزرق) وبعد ذلك يمكن إعادة استخدامها من جديد...



السلكاجل مشبعة بالرطوبة ونلاحظ تغير لونها من الأزرق إلى الأبيض أو الرمادي



المادة: بعد تبخر الرطوبة بفعل حرارة أشعة الشمس ونلاحظ رجوع لونها الأزرق



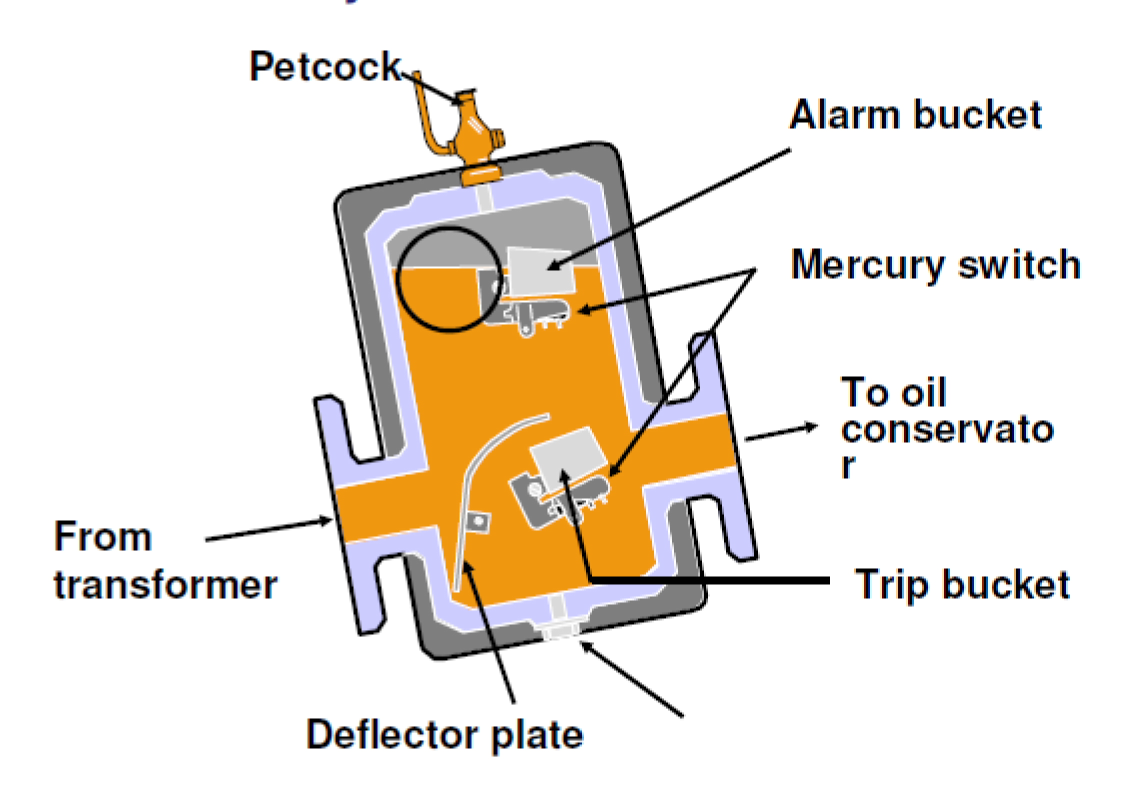
بعد ذلك يتم وضعها بعلب معدنية وأحكام إغلاقها لكي يتم الاستفادة منها مرة أخرى,

جهاز البوخلز: (Buchholz Relay) :

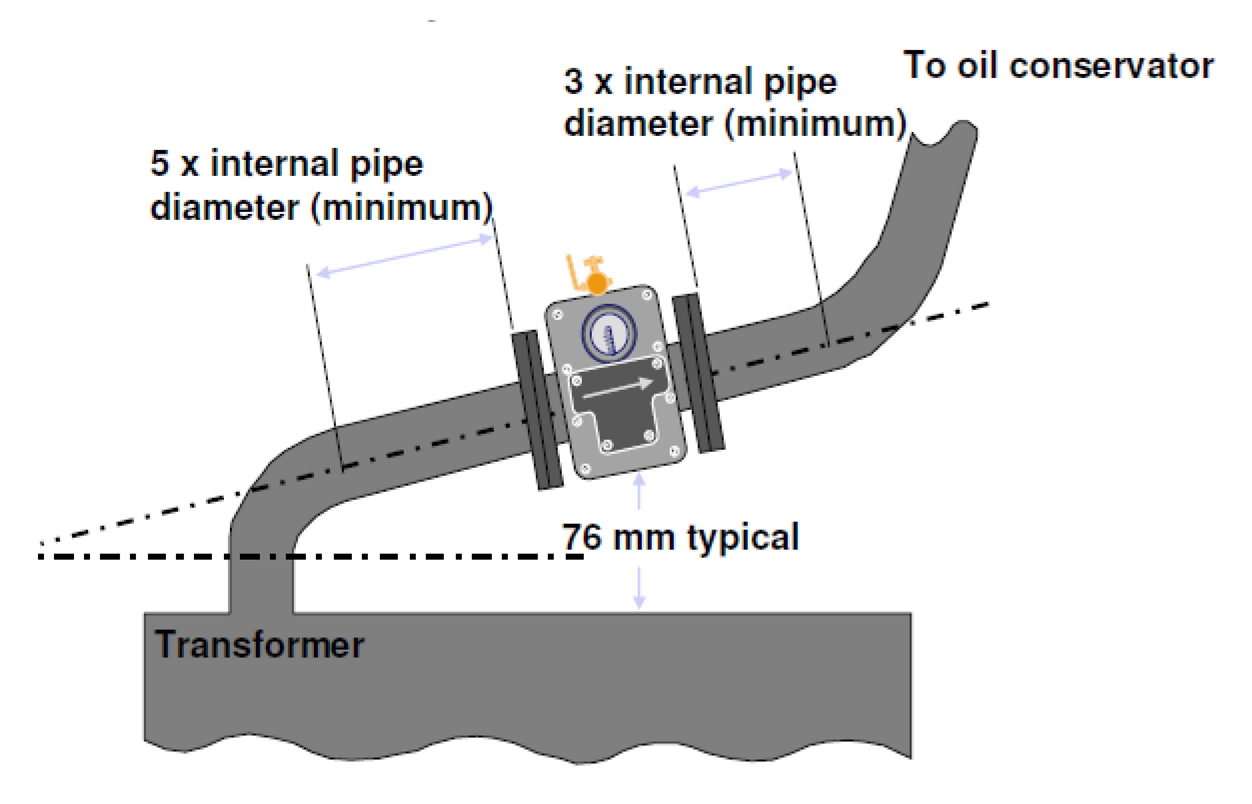
اغلب الأعطال داخل المحولات المعزولة بالزيت ينتج عنها غازات. بوجود جهاز خاص فان تكون هذه يمكن الاستفادة منها للتحذير والإخبار عن الأعطال الصغيرة داخل المحول.
بحيث يكون جهاز البخلز مملوء بالزيت بحيث عند حدوث عطل داخلي فان الغازات الناتجة عنه تتجمع داخل الجهاز مما يؤدي إلى انخفاض مستوى الزيت داخله.

لجهاز البوخلز مرحلتين من العمل هما التحذير والفصل

ويتكون جهاز البوخلز يتكون من:
عوامتين عليا وسفلى ، العوامة العليا موصولة مع مفتاح زئبقي يغلق ملامساته عند هبوط مستوى الزيت الكمية معينه ،هذا المفتاح يعمل على إغلاق دائرة الإنذار من وجود غازات داخل المرحل .
أما العوامة السفلى فموصولة مع مفتاح آخر يعمل على إغلاق دائرة فصل المحول عن النظام اذا انخفضت كمية الزيت أكثر.


Buchholz Relay
Petcock
Alarm bucket
Mercury switch
To oil conservato r
From transformer
Trip bucket
Deflector plate

إن موقع جهاز البوخلز يكون على الأنبوب الواصل بين الخزان المساعد والخزان الرئيسي ويجب أن يكون هذا الأنبوب طويلا و مائلا بزاوية للأعلى ما بين 3 إلى 7 درجات مع الأفقي.

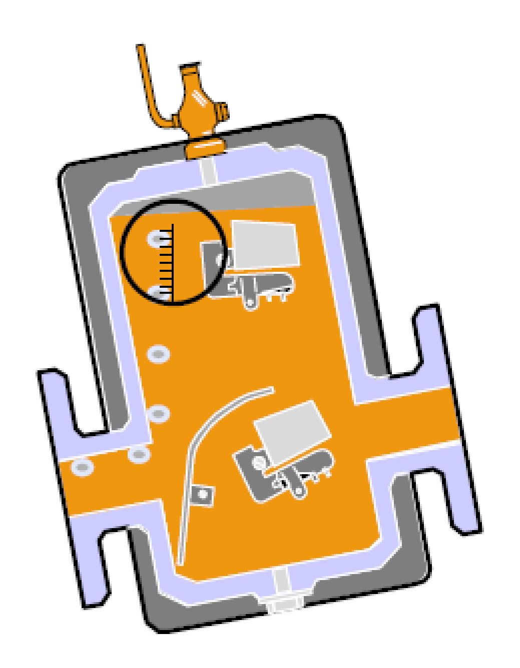


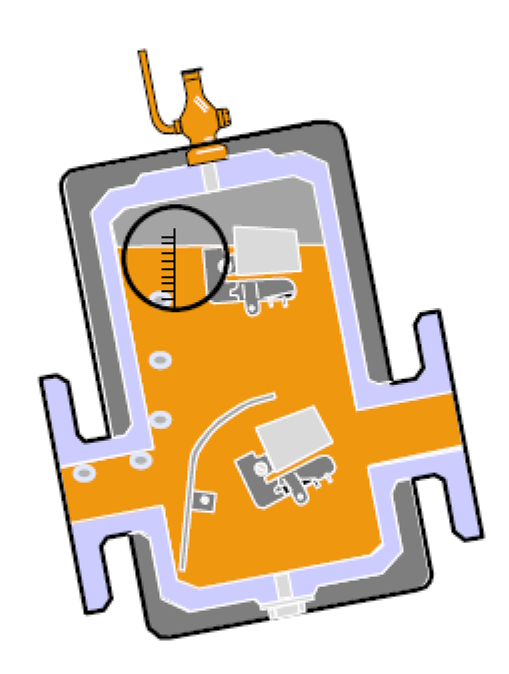


Jcmiras.ne
Sep. 27, 2008

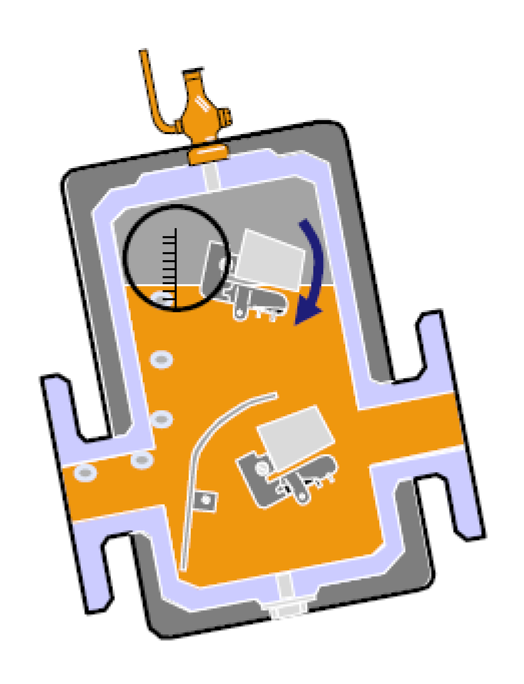


مراحل عمل البوخلز:



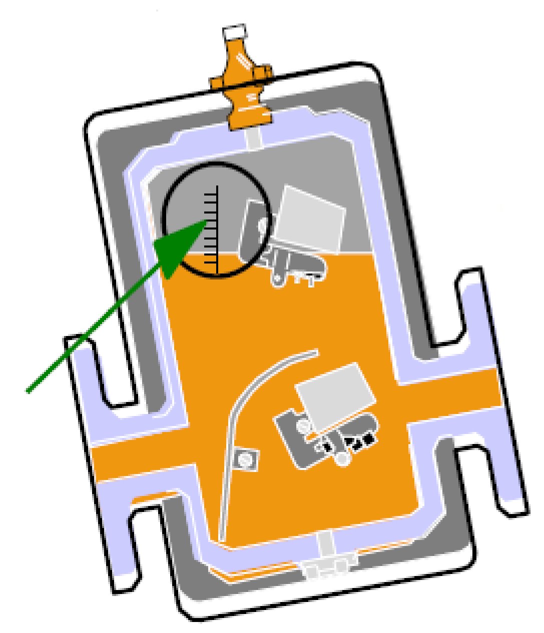


عند حدوث العطل تبدأ الغازات في التجمع داخله مما يؤدي إلى نقصان مستوى الزيت.



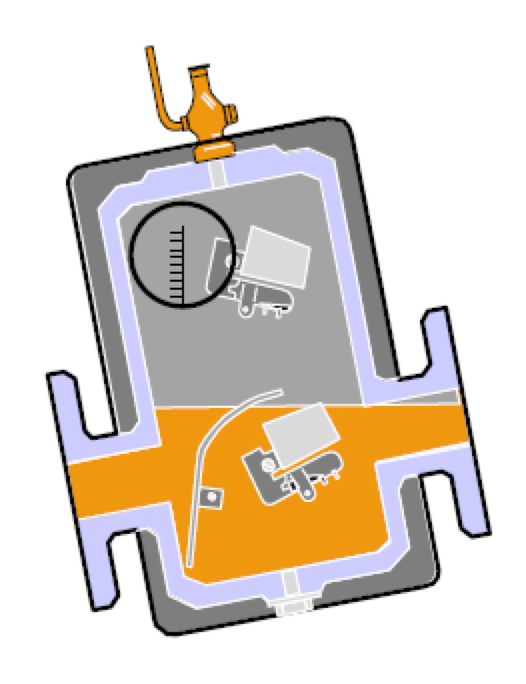
عندما تصل الغازات إلى كمية معينة تعمل المرحلة الأولى والتي تتمثل بإعطاء إشارة التحذير (Alarm) .

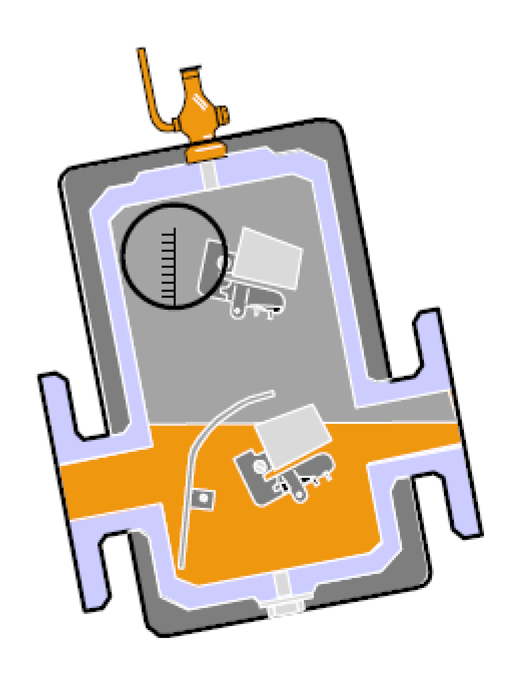
من المهم عدم تنفيس المرحل للتخلص من الغازات الموجودة بداخله ، بل يجب أخذ عينة من هذه الغازات وفحصها مخبرياً من أجل تحديد نوع العطل الحاصل داخل المحول تمهيداً لإصلاحه إن وجد

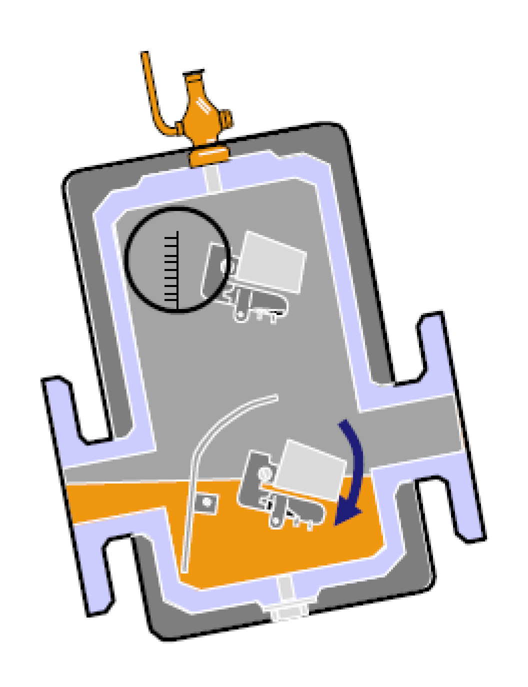


بحيث إذا كان لون الغاز ابيض أو اصف يعني ذلك وجود احتراق لمادة العزل أما إذا كان اللون رماديا يكون هنالك احتراق للزيت.

إذا زادت نسبة الغازات داخله
يبدأ الزيت بالانخفاض تدريجيا.







إذا زادت نسبة الغازات أكثر
يؤدي ذلك لعمل المرحلة الثانية
وهي الفصل.
ولربما يكون سبب نقصان الزيت
هو تسرب الزيت من المحول.

ملاحظة: إذا تم شراء محول جديد و بعد فترة قصيرة على التشغيل وجد أن مستوى الزيت داخل البوخلز قد قل ولكن لم يعمل كمرحلة أولى أي الإنذار, فعلى الأرجح أن يكون ذلك هواء وليس غازات بفعل الأعطال.

الزيت:-

وظيفته في المحول عزل وتبريد الملفات والقلب الحديدي .
يتم معرفة مستوى الزيت من خلال مؤشر مستوى الزيت الموضوع عادة على خزان الزيت الإضافي (أحياناً على الخزان الرئيسي إذا لم يتوفر الخزان الإضافي للمحول)

. ويجب على الزيت ذو النوعية الجيدة أن يمتلك خصائص فيزيائية وكيميائية مستقرة ، حيث ان التغيرات الكيميائية غير المستقرة تسبب تكوين الحامضية العضوية والترسبات في الزيت .

في حين أن الرطوبة والماء الوجود بالزيت و المواد الكربونية تسبب انخفاض مواصفات العزل الكهربائي للزيت .

جهاز تنفيس الضغط Pressure Relief Device :

جهاز تنفيس الضغط يلعب دور حيوي في وقاية محولات القوى الكهربية . إذ يوضع هذا الجهاز على جسم المحول للحد من الضغط الداخلي الناتج عن تسخين الغاز سواء كان ذلك من حرارة المحول أو الأعطال الداخلية.
و بالتالي تحمي الخزان من الانفجار أو التمدد في بعض الأحيان.

بعض المنشات تستخدم أجهزة تقليدية لا تستجيب بسرعة لهذا التراكم اللحظي للضغط داخل المحول .
جهاز تنفيس الضغط يقوم بإنجاز مهمته في الحال ويفتح الصمام / البلف خلال 2 مللي ثانية .
وقد يحوي المحول الواحد أكثر من جهاز و يعتمد ذلك على حجم الخزان.



نظام التبريد في المحول:

إن الفقد داخل المحول بأنواعه يولد حرارة على الملفات والقلب الحديدي,
يختلف المحو طبقا لنوع المادة العازلة داخله, إذ أن اغلب المواد العازلة المستخدمة هي:

- Dry Transformers
- Oil immersed Transformers

أما النوع الأول يستخدم في الأغلب للمحولات الصغيرة أما النوع الثاني يستخدم بكثرة.

أما التبريد في محولات Dry Transformer هي:

AN – Air Natural
AF – Air forced (by Fans)

أنواع التبريد داخل المحول المملوء بالزيت وهي:

1. ONAN - Oil Natural Air Natural
2. ONAF - Oil Natural Air Forced
3. OFAF - Oil Forced Air Forced
4. OFAN- Oil Forced Air Natural
5. ONWF - Oil Natural Water Forced
6. OFWF - Oil Forced Water Forced

هنالك رموز و دلالات خاصة عالمية لأنواع التبريد و هي:

First letter:

O :Liquid K :Liquid L :Liquid

Second Letter :

N :Natural convection through cooling equipment and windings

F :Forced circulation through cooling equipment, natural convection in windings

D Forced circulation through cooling equipment, directed flow in main windings

Third letter (Cooling medium)

A: Air W: Water

Fourth letter (Cooling medium)

N: Natural convection

F: Forced circulation

Air Natural:

مناسب للمحولات المعزولة بماده عازلة جافة (Cast Resin and Resin Impregnated) و التي في الأغلب للمحولات الصغيرة.:

Air Forced:

أيضا للمحولات المعزولة بمادة عازلة جافة, يكون فيها الهواء مدفوعا للخزان عن طريق مراوح يتحكم بها عن طريق متحسسات لدرجة الحرارة.

Oil Natural Air Natural:

هذا النوع هو الأغلب شيوعا في المحولات المملوءة بالزيت لقدرات تصل إلى 30 MVA و يكون الزيت محيطا بالقلب و الملفات, وعند التحميل تزداد حرارة الزيت المحيط, و بسبب التيارات الداخلية فان الزيت يتحرك عن طريق النقل الحراري.

Oil Natural Air Forced:

في هذا النوع تكون هنالك مراوح كبيرة على جانب المحول للمحولات التي تصل قدرتها إلى (30-75 MVA) أو أسفله للمحولات التي تصل قدرتها إلى (100 MVA) . وهذه المراوح تبدأ في العمل عند وصول درجة الحرارة القيمة معينة و تنفصل إذا انخفضت إلى قيمة معينة أخرى.

Oil Forced Air Forced:

هذا النوع للمحولات التي تصل قدرتها إلى أكثر من (100 MVA) إذ أن النظام السابق لا يكفي, ففي هذا النظام الزيت يندفع عن طريق مضخات لإعطاء تبريد أكثر.

Oil Natural Water Forced:

**يستخدم هذا النوع عندما يكون هنالك توفر للمياه بشكل جيد إذ يندفع الماء عن طريق مضخات .
لكن هذا النظام أصبح قليل الاستخدام حاليا.**

ملاحظة :

في بعض أنواع المحولات القديمة كانت تستخدم رموزا تختلف عما سبق للدلالة عن نوع التبريد.
الجدول التالي يبين الرموز المكافئة لها.

Self-cooled	OA	ONAN
Forced air cooled	FA	ONAF
Directed-flow forced liquid cooled	FOA	ODAF
Water cooled	OW	OFWF
Forced liquid and water cooled	FOW	OFWF



مقياس درجه الحرارة:

يقسم أجهزة قياس درجة الحرارة إلى نوعين:

مقياس درجة حرارة الملفات:

يستخدم لقياس درجة حرارة الملفات.

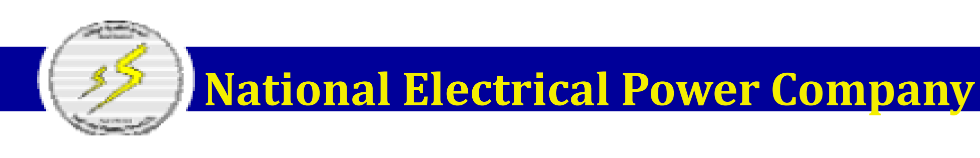
مقياس درجة حرارة الزيت.

يستخدم لقياس درجة حرارة الزيت.

وسيتم ذكر عمل كل جهاز لاحقا.







جهاز الحماية من الضغط اللحظي: Sudden Pressure Relay

والهدف من هذا الجهاز هو التحذير إذا حدث زيادة لحظية في الضغط داخل المحول, إذ أن الجهاز حساس جدا و يستجيب لارتفاع الضغط حتى لو كان صغيرا. فإذا حدث تغير بسيط للضغط داخل المحول ناشئ عن عطل صغير فان الجهاز يعمل, أي يرسل إشارة إنذار,
على عكس جهاز تنفيس الضغط إذ انه يعمل إذا كان التغير في الضغط كبيرا ناشئ عن عطل كبير أدى إلى غليان الزيت و تكوين الفقاعات.



أنبوبة قذف الزيت: Bladder Relay

في المحولات الحديثة يكون هذا الجهاز على الخزان المساعد. إذ أن مكانه قريب من أعلى نقطة للمحول.

إذ تعمل كحماية ثانوية لجهاز البوخلز و جهاز تنفيس الضغط, بحيث إذا فشلت الأجهزة في الاستجابة للعطل فان هذا الجهاز يعمل على قذف الزيت أو الغازات للتخفيف من الضغط .
إذ تغلق فتحتها بواسطة شريحة زجاجية (غشاء) .
فعند حدوث خطاء تزيد كمية الغازات بالخزان
تضغط على الشريحة الزجاجية فتكسرها
وتخرج إلى الجو الخارجي وكذلك الزيت الزائد .

أنواع الحمايات على المحول:

هنالك عده حمايات على المحول و هي تقسم إلى قسمين.

حمايات فيزيائية

حمايات كهربائية.

الحمايات الفيزيائية:

1. حماية الملفات من الأعطال الداخلية (Buchholz relay) .

عند حدوث أي عطل داخل المحول تتلف العوازل بين الملفات يتولد منها فقاعات هوائية ،حيث تقوم هذه الفقاعات برفع مستوى الزيت في مرحل الغاز مما يؤدي إلى إغلاق ملامسات المرحل ويعطي إشارة إنذار أو فصل القاطع الآلي وذلك يعتمد على كمية الغاز المولدة .



2.الحماية من ارتفاع درجة حرارة الملفات للمحول winding temperature

تقوم هذه الحماية بقياس درجة حرارة الملفات وإعطاء إشارة إنذار عند (90c) وفصل القاطع الآلي للدائرة (100c) .

3- الحماية من ارتفاع درجة حرارة الزيت Oil temperature .

تقوم هذه الحماية بقياس درجة حرارة الزيت وإعطاء إشارة إنذار عند(80c) وفصل للقاطع الآلي لدائرة عند (90c) .

4- الحماية من ضغط الزيت في جسم المحول (pressure Relief) .

هذه الحماية حماية ميكانيكية تعمل إذا ارتفع ضغط الزيت في المحول عن حد معين مما يؤدي إلى إخراج الزيت من خلال هذه الحماية ، وإعطاء إشارة فتح إلى القاطع الآلي .

وعند عمل هذه الحماية يجب التأكد جيدا قبيل إعادة المحول إلى الخدمة . **Why?**

5- الحماية من ارتفاع أو انخفاض مستوى الزيت في التنك المساعد (Oil Level) .

تعمل هذه الحماية على مراقبة مستوى الزيت في التنك المساعد والذي يعني وجود مشكله ما في المحول ، وهذه الحماية تعطي إشارة إنذار فقط .

الحمايات الكهربائية:

من أهم الحمايات على المحول:

1. fuses
2. Overcurrent protection
3. earth fault protection
4. Restricted earth fault protection
5. Differential protection
6. Over-flux protection
7. Over-voltage protection
8. Under voltage protection
9. Surge protection (horn gaps and lightning arrestors)
10. Under-frequency protection

هنالك عدة عوامل يعتمد عليها اختيار الحماية المناسبة للمحول:

منها:

1. حجم المحول:
2. موقع المحول و أهميته.
3. الفولتية.
4. التصميم والتوصيل.
5. الكلفة الاقتصادية.

أهم هذه العوامل هو حجم المحول. بحيث:

1. إذا كانت قدرة المحول اقل من 2500 KVA ال Fuses هي الحماية الرئيسية.
2. إذا كانت قدرة المحول ما بين 2500 to 5000 KVA يمكن حمايته بواسطة ال fuse ولكن يمكن استخدام الحماية اللحظية من زيادة التيار أو الحماية ذات التأخير الزمني لزيادة التيار.
3. إذا كانت قدرة المحول ما بين 5000 to 10000 KVA الحماية التفاضلية تستخدم أو الحماية من زيادة التيار.
4. إذا كانت قدرة المحول اكبر من 10 MVA الحماية التفاضلية هي الأنسب.

لكن أكثر الحمايات شيوعا هي الحماية التفاضلية, إذ بعض المصممين يختارون هذه الحماية حتى لو لم تناسب الشروط السابقة.

Surge Arrestor:

إن الصواعق الكهربائية ينتج عنها فولتية عالية جدا , وفتح وإغلاق الدارة في الأماكن ذات التوليد العالي ينتج أيضا ما بين 2 إلى 3 أضعاف التيار الاعتيادي لمدة قصيرة. و ينتج عن بعض الأعطال فولتية و تيار كبير وفقا لنوع العطل.
هذه الفولتيات العالية تضر بالمحول إذ قد تسبب إلى الإضرار بالعزل عدى عن تسبب الحريق.

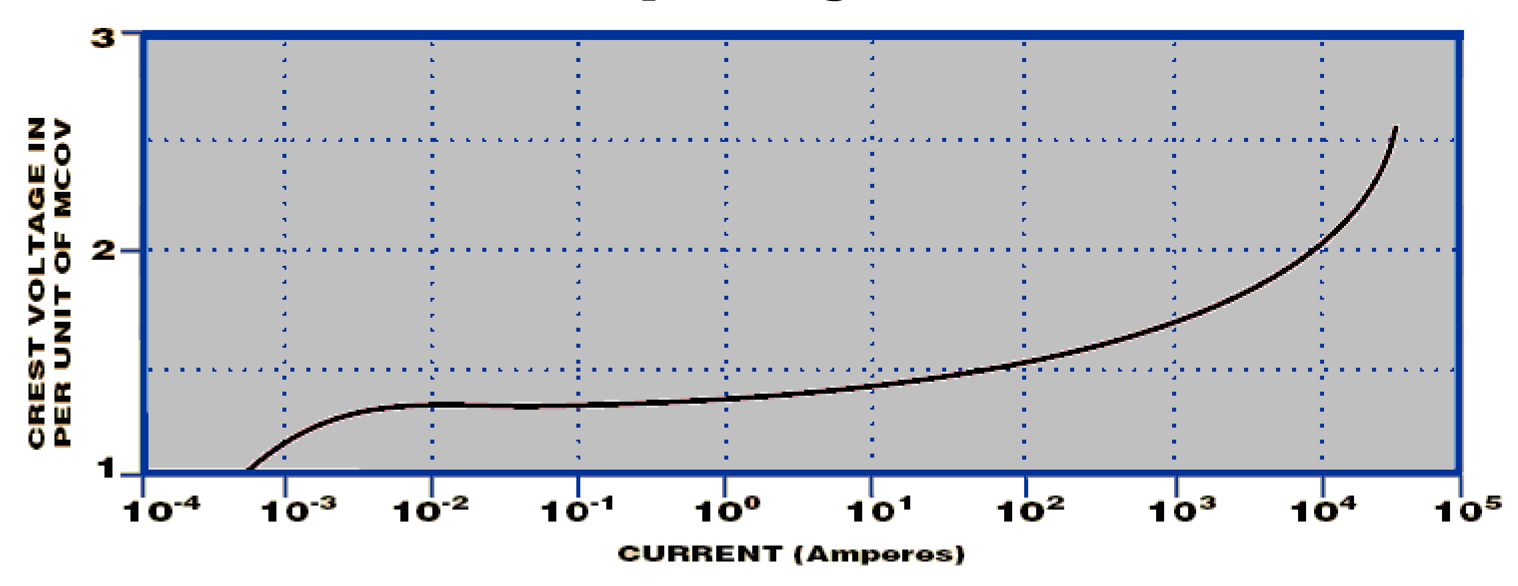
إن ال **Surge Arrestor** يعمل على الحد من هذه الفولتيات العالية بتحويلها الى الأرض بدلا من وصولها إلى المحول.
وتتكون من مقاومة غير خطية تتغير قيمتها بتغير الفولتية , حيث كلما زادت الفولتية تقل قيمة المقاومة إلى أن تعمل عمل **Short Circuit To Ground**

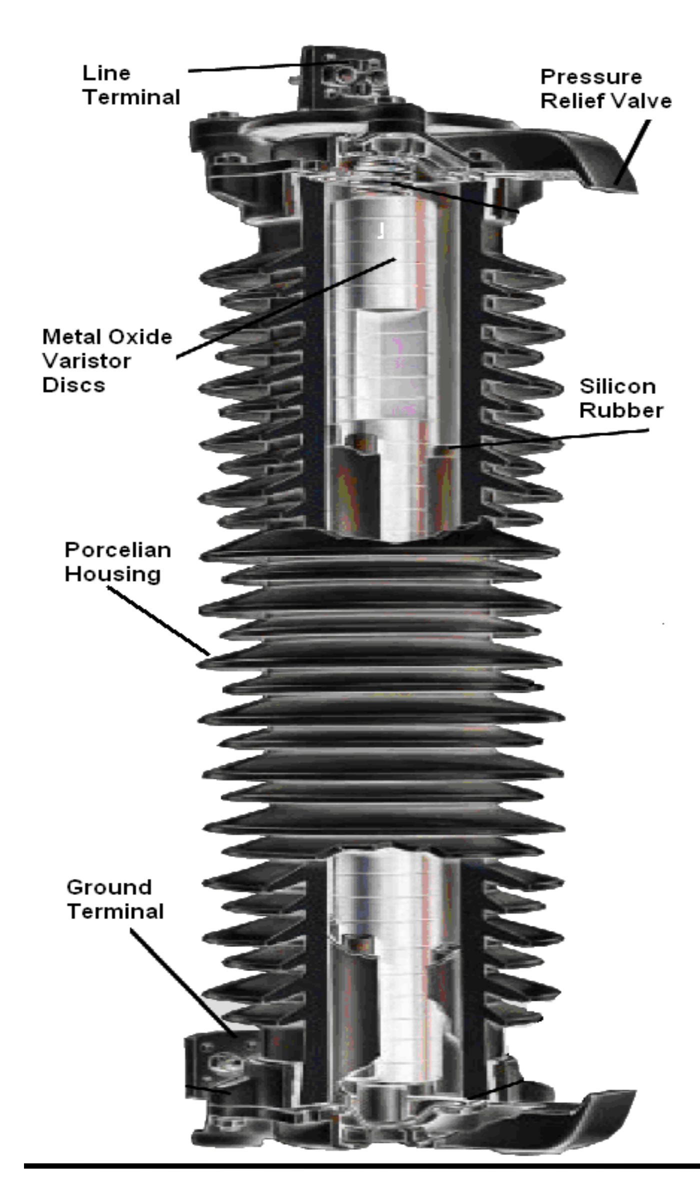
و تتكون Surge Arrestor من نوعين :

1.Valve-type
2.Metal-oxide-varistor

والنوع الثاني هو الأكثر شيوعا نظرا لطبيعة عملها الجيدة.
ويجب أن تكون مصممة بحيث تكون قيمة عملها اقل من قيمة انهيار العزل للمعدة المراد حمايتها.

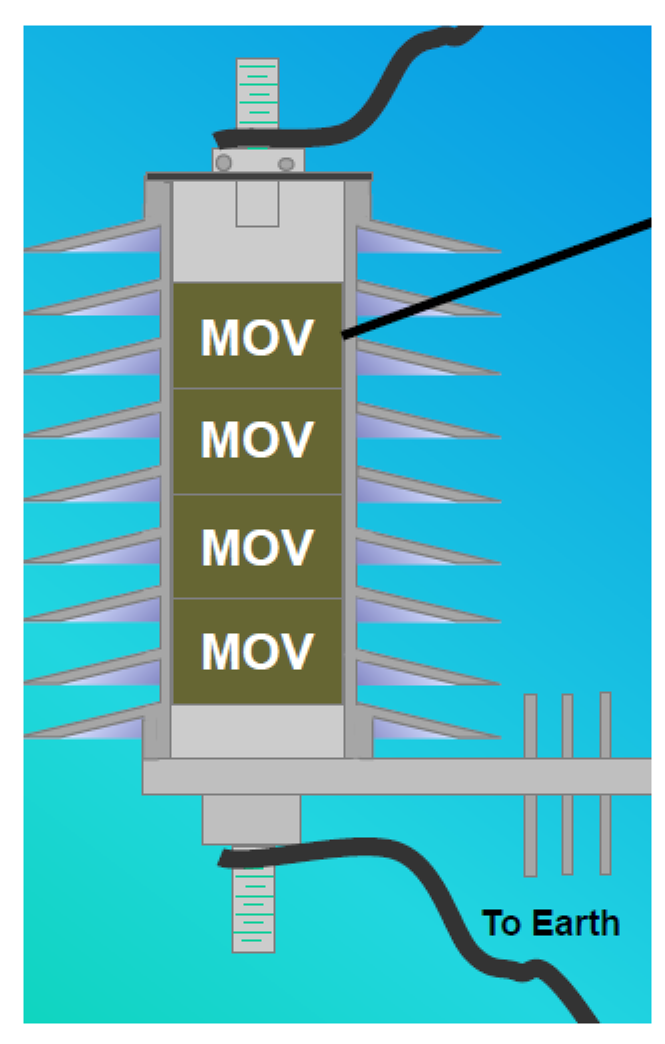
Operating Curve





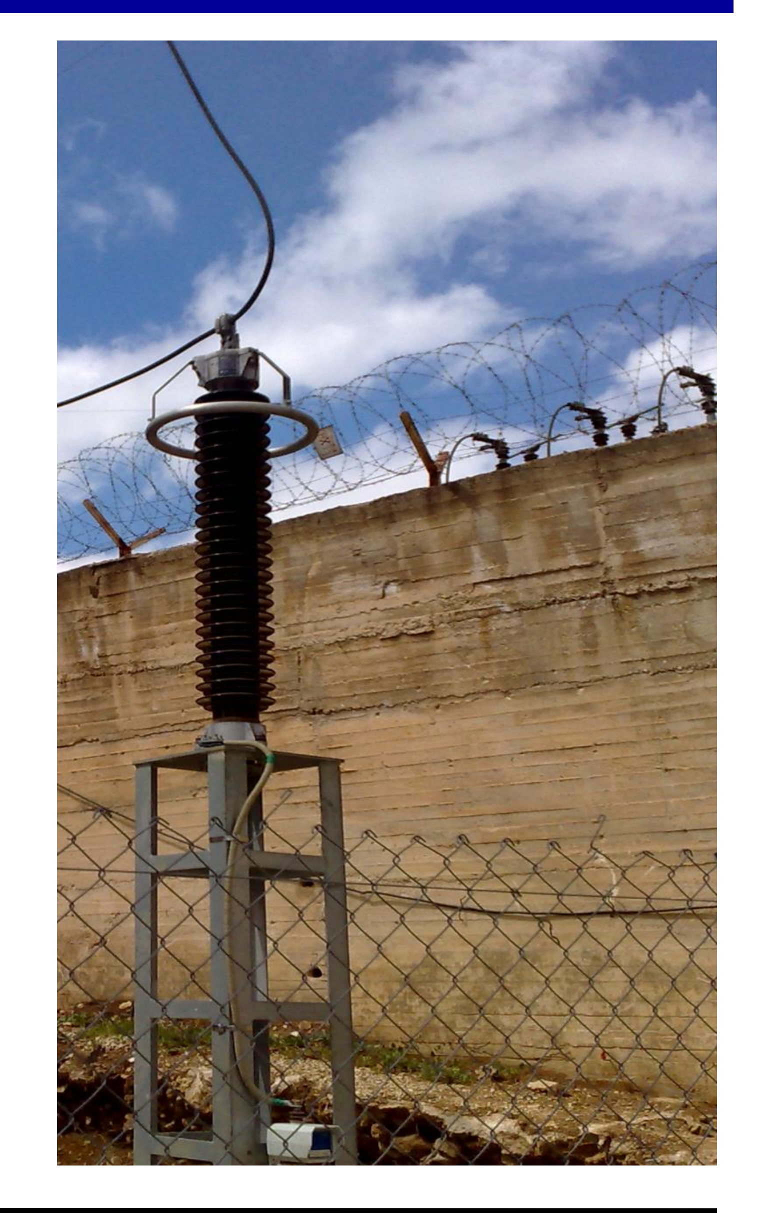
Metal Oxide

وموقعها يجب أن يكون قريبا من المحول قدر الإمكان. طبقا لمواصفة **IEEE Std C62.2**



MOV عبارة عن شبه موصل حساس للفولتية,
عند الفولتية العادية System voltage عبارة عن
عازل أما عند الفولتيات العالية تصبح عبارة عن موصل.





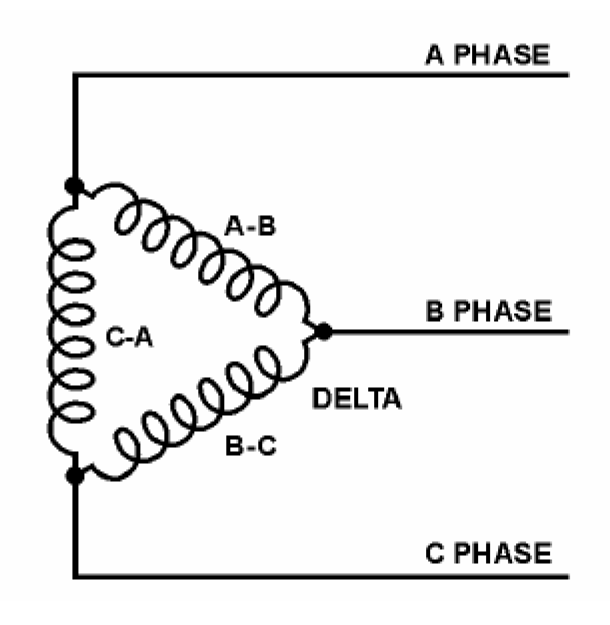
Arcing horns:

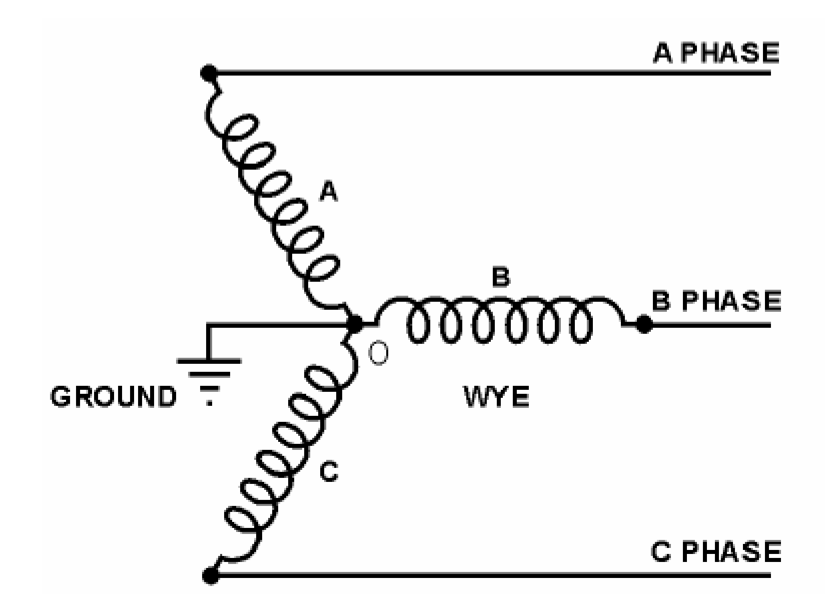
وتستخدم هذه لحماية العوازل أو الجلبات من الفولتية العالية خلال **flashover** اذ تعمل على تفريغها فيما بينها. اذ تتكون من طرفين احدهما موصول بالفولتية العالية والاخر بالارض.
و بالعادة تكون موجودة لحماية العواز على الخطوط وحماية الجلبات.



التوصيل في المحولات:

هناك طريقتين معروفتين لتوصيل المحولات ,
الأولى تعرف ب Delta Connection . و الأخرى تعرف بـ Star or WYE Connection .
و النقطة المشار أليها O تدل على نقطة التعادل Neutral



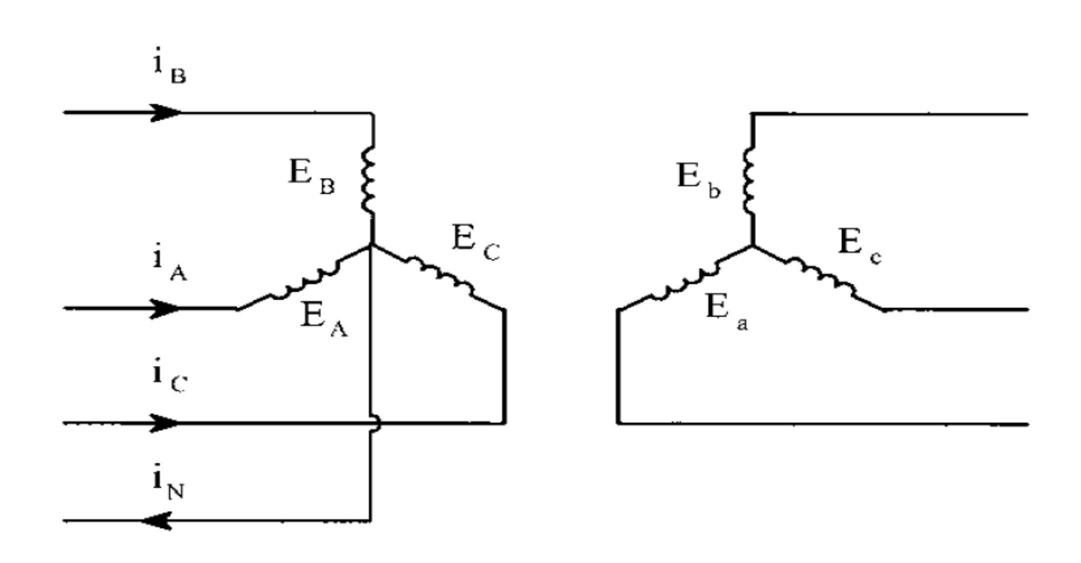


إذا كانت الملفات موصولة على شكل Y فان قيمة الفولتية بين اي خطين هي 1.73 من phase voltage .اما قيمة التيار فهي متساوية.
اما في حلة توصيل الملفات Delta فان قيمة الفولتية بين اي خطين هي نفسها قيمة Phase Voltage اما التيار بين اي خطين هي 1.73 من Phase Current .
اتواع التوصيلات في المحول:

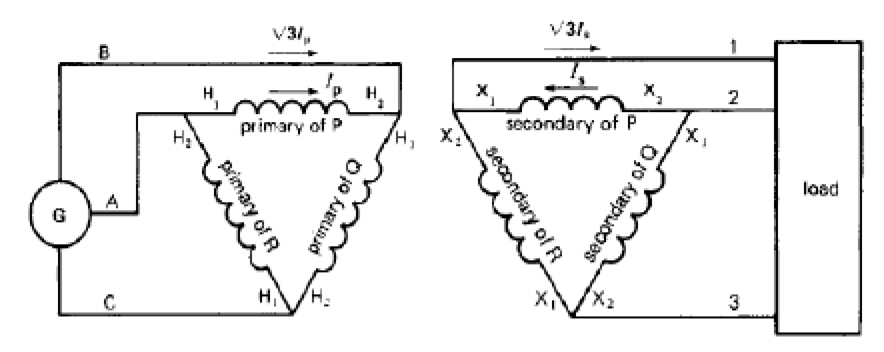
1.WYE-WYE Connection:

وتعتبر من أسهل طرق التوصيل لكن تعيبها وجود

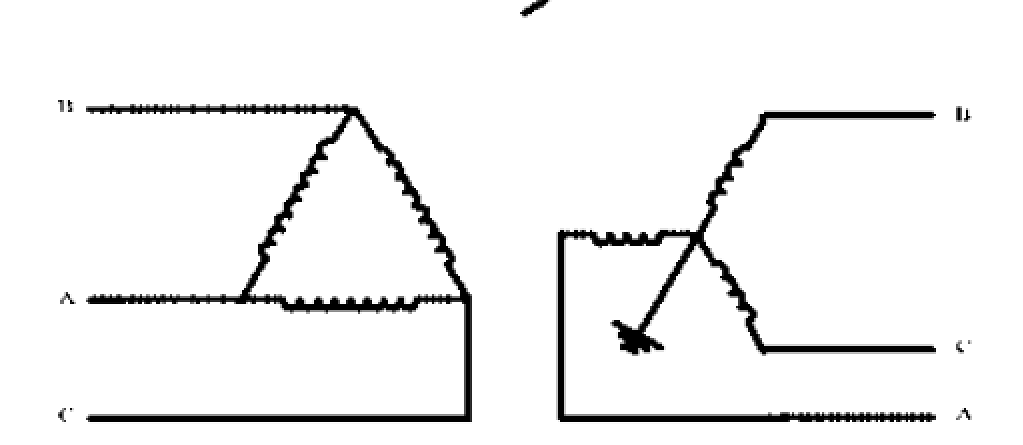
3^{Rd} Harmonic component



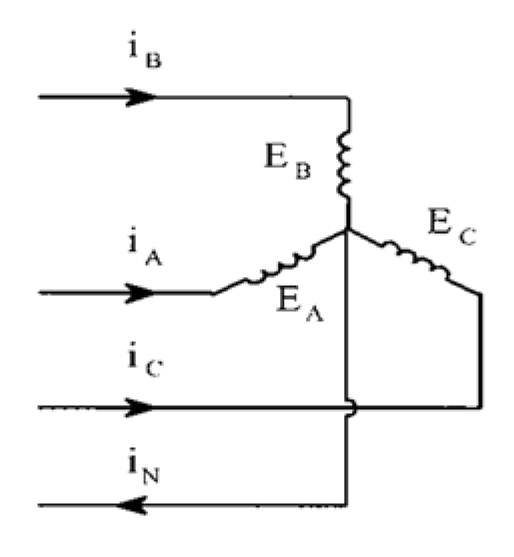
2.Delta -Delta Connection

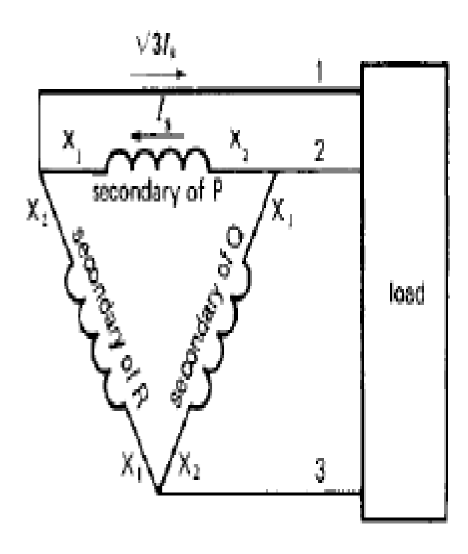


3.Delta -Y Connection



4.Y –Delta Connection





مجموعات التوصيل للمحولات:

تختلف طرق توصيل المحولات وفقا للتصميم. و لأنواع التوصيل قيم عالمية .
بحيث تبين العاقة بين الملفات الابتدائية و الثانوية.
تتمون مجموعات التوصيل من:

Letter –letter- number

بحيث الحرف الأول يكون Capital letter أما **D or Y** ويدل على التوصيل في جهة الملفات الملفات الابتدائية.
الحرف الثاني يكون Small Letter ويدل على نوع التوصيل في جهة الملفات الثانوية ويكون أما **d or y** .
الرقم يدل على الإزاحة ما بين الملفات الابتدائية والثانوية مضروبا في 30 .

إزاحة بمقدار 0

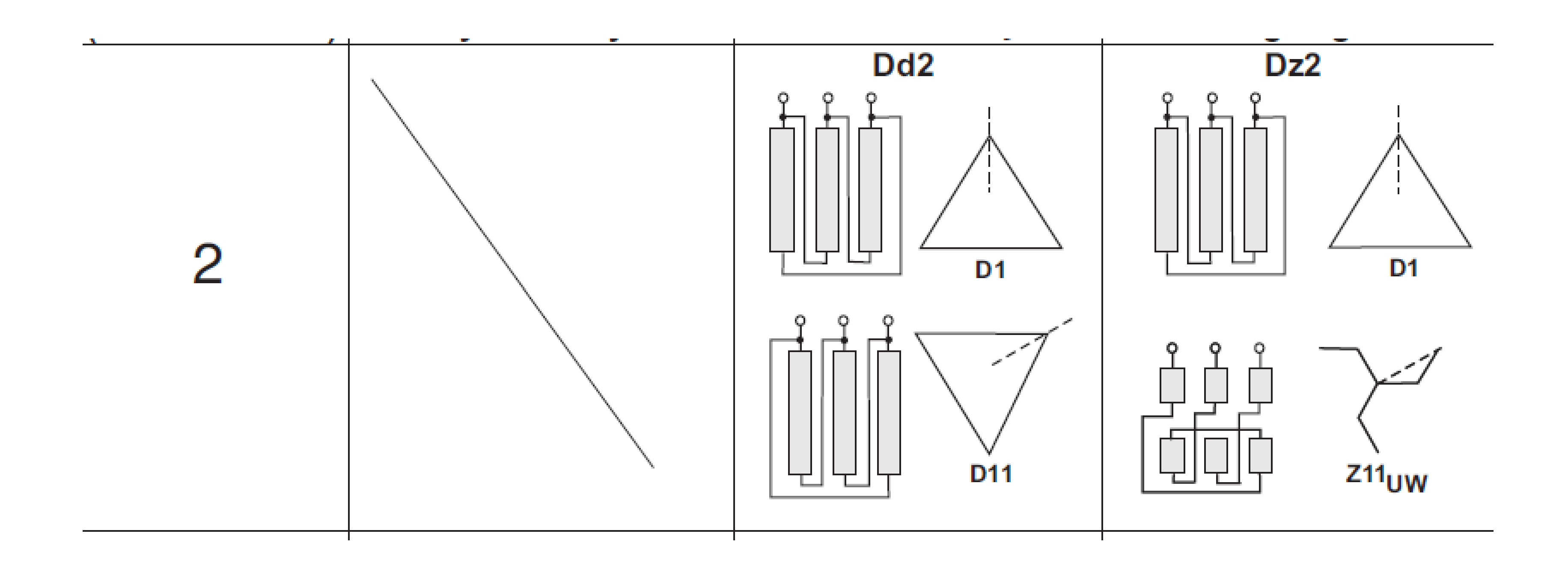
<table>
<tr><th>Phase Shift (Clock Notation)</th><th>Wye Primary</th><th>Delta Primary</th><th>Zig Zag</th></tr>
<tr><td>0</td><td>Yy0
I II III
Y0
i ii iii
Y0</td><td>Dd0
D11
D11</td><td>Dz0
D11
Z11uw</td></tr>
</table>

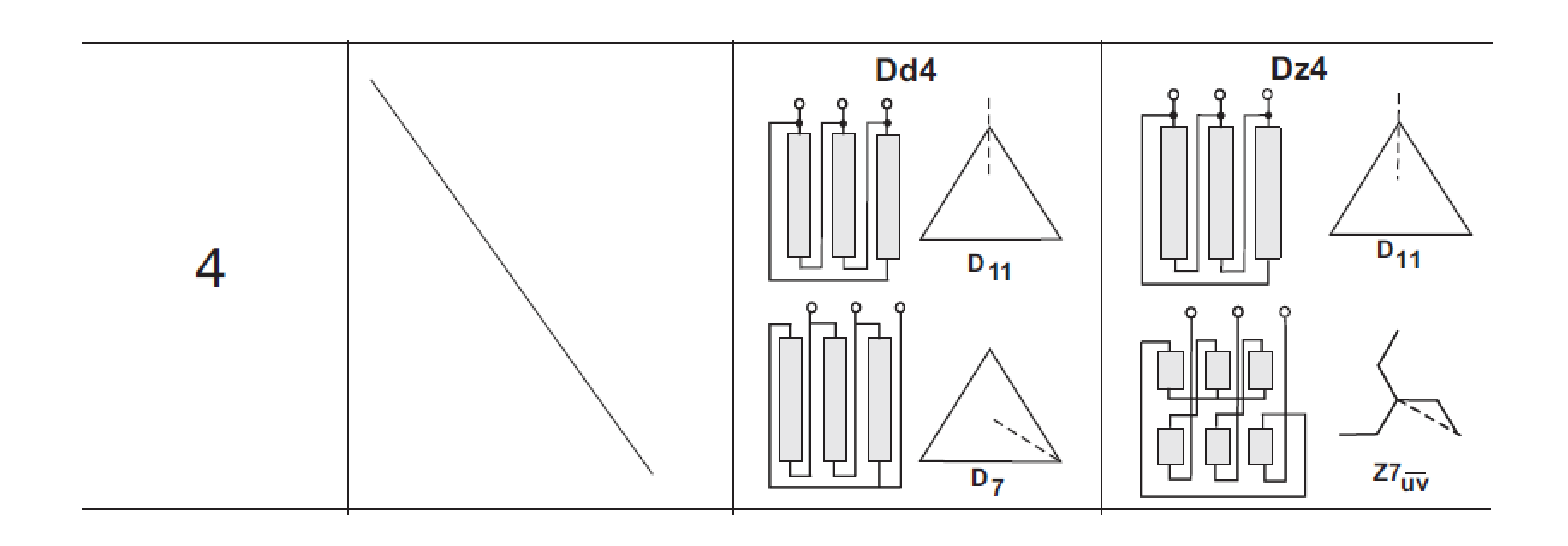
1	Yd1 Y0 D11	Dy1 D1 Y0	Yz1 Y0 $Z\ 11_{uw}$

5	Yd5 Y0 D7	Dy5 D11 Y6	Yz5 Y0 $Z7_{\overline{uv}}$

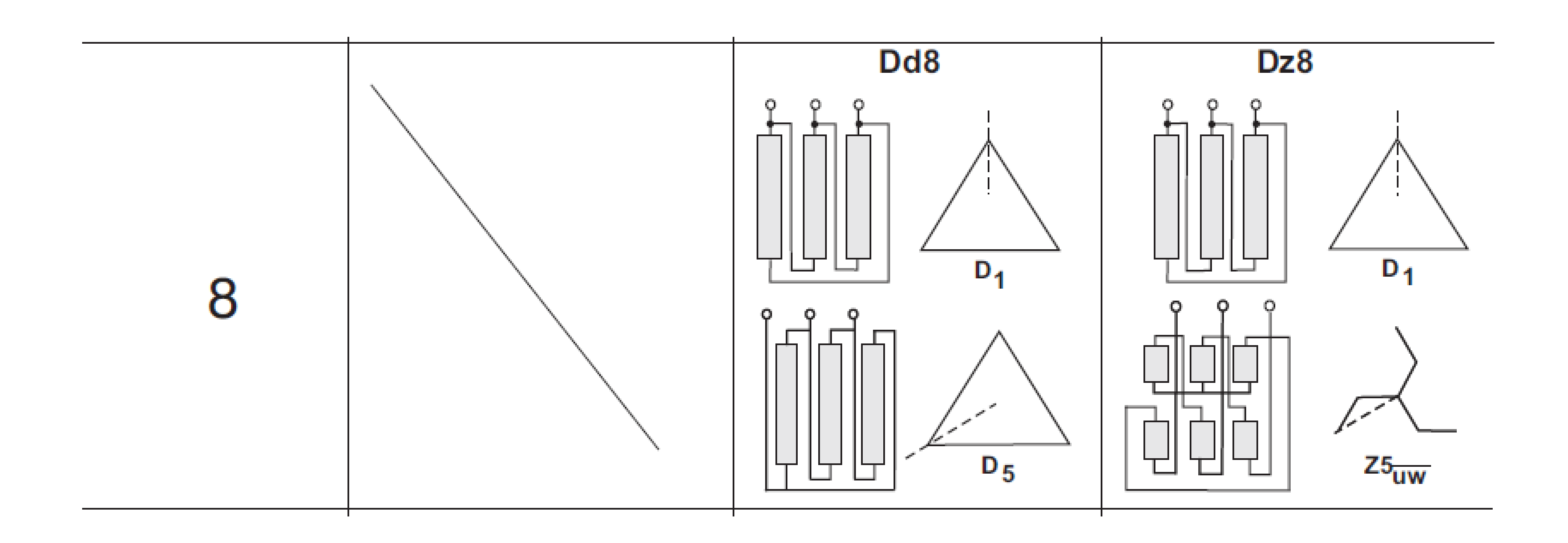
	Yd6	Dd6	Dz6
6	Y0 Y6	D11 D5	D11 $Z5_{\overline{uw}}$

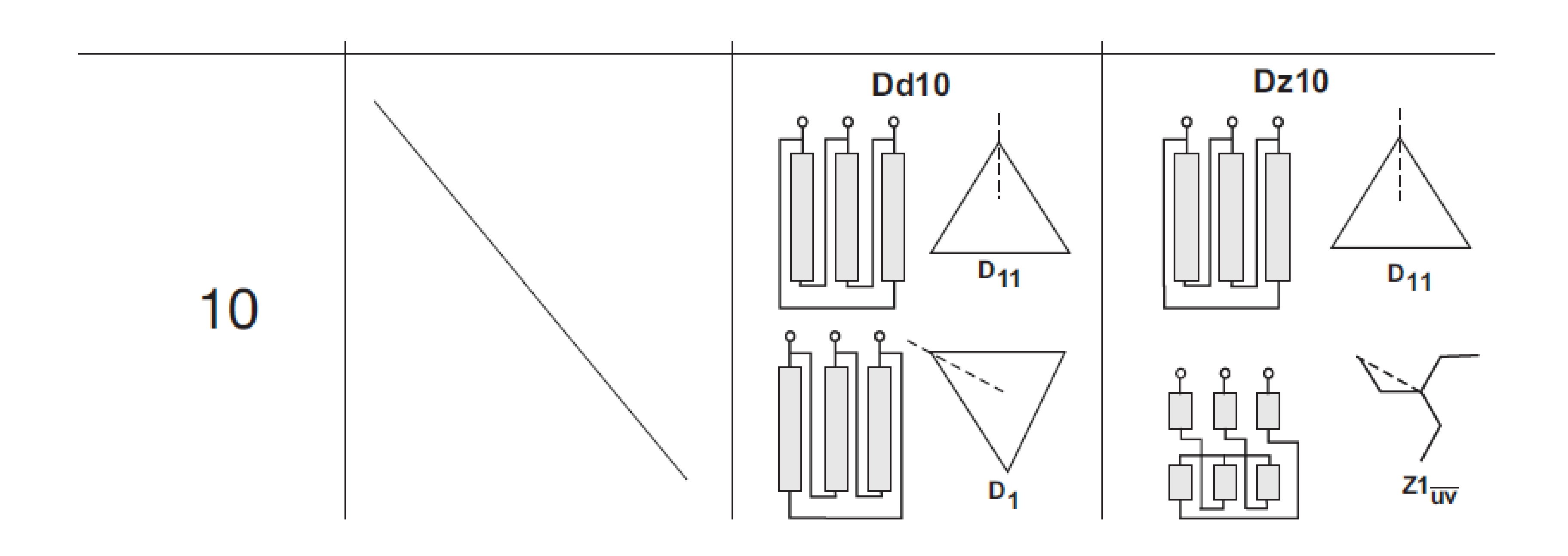
	Yd11	Dy11	Yz11
11	Y0 D1	D11 Y0	Y_0 $Z1_{\overline{uv}}$


2
Dd2
D1
D11
Dz2
D1
Z11UW


4
Dd4
D 11
D 7
Dz4
D 11
Z7 uv

	Yd7	Dy7	Yz7
7	Y_0 D5	D_1 Y_6	Y_0 $Z5_{\overline{uw}}$


8
Dd8
D1
D5
Dz8
D1
Z5uw


10
Dd10
D11
D1
Dz10
D11
Z1uv

اللوحة الاسمية للمحول:

تحتوي اللوحة الاسمية للمحول على معلومات تفيد عند العمل في الموقع . ويجب أن لا تزال اللوحة الاسمية للمحول ابدآ.
ويجب أن تبقى اللوحة الاسمية نظيفة ومقروءة.

و تختلف محتويات اللوحة الاسمية وفقا للمصنع, لكن أهم المعلومات الموجودة على اللوحة الاسمية هي:

1.Serial number

إن الرقم التسلسلي مهم جدا من اجل مخاطبة المصنع حول المحول. ويجب أن يسجل المحول عند عمل الفحوصات اللازمة له.

2.Class:

و يدل على نوع التبريد اللازم للمحول

3.The VA rating:

و تعبر عن قدرة المحول و مقدار التيار القادر على إعطاءه عند التحميل الكامل له.

4.Voltage rating:

يجب أن تعطى قيم الفولتية للملفات الابتدائية و الثانوية, و قيم الفولتية عند كل قيمة Tap.

5.Temperature rise:

و تعبر عن قيمة الحرارة القصوى التي يتحملها المحول.

6.Phasor diagrams:

ويجب أن تكون متوفرة للملفات الابتدائية و الثانوية . و تبين الإزاحة بين الأطراف.

7.Connection diagram:

وتحدد التوصيل للملفات لكل نوع من مغيرات الجهد.

8.Impulse level (BIL):

وتمثل القيمة القصوى للفولتية التي يتحملها المحول دون حدوث أعطال لفترة زمنية قصيرة, و هي مصممة لمحاكاة الصاعقة الكهربائية. و هذه القيمة تكون اكبر للمحولات المملوءة بالزيت بالمقارنة مع المحولات ذات المواد العازلة الصلبة لنفس القدرة لكل منهما.

9.Weight:

و يعتبر وزن المحول من الأمور الهامة عند نقل المحول من مكان إلى آخر.

10.Insulating fluid:

و نعتمد عليه عند إضافة مواد عازلة أخرى داخل المحول , إذ لا يجب الخلط بين أنواع المواد العازلة , ويبين عدد الجالونات اللازمة لملئ الخزان..

11.Percent impedance:

و هي تعبر عن قيمة النسبة المئوية لــــ

R and X

و تبين النسبة بين الفولتية على الملفات الابتدائية اللازمة لإعطاء التيار الثانوي الاسمي عندما تكون الملفات الثانوية في حالة قصر.

MAKSAN
TRANSFORMER FACTORY MALATYA/TÜRKİYE
THREE PHASE OIL IMMERSED TRANSFORMER

STANDARD	IEC 76	SERIAL NO	20033
RATED POWER (kVA)	50	YEAR OF MANUFACTURE	1993
RATED VOLTAGE (kV)	33	TYPE	OUT DOOR
FREQUENCY (Hz)	50	COOLING	ONAN
VECTOR GROUP	Dyn 11	ORDER NO	JEA 56/92
IMPEDANCE (75°C)	4.46	ACTIVE PART WEIGHT (kg.)	420
LOADING CONDITION	IEC 354	OIL WEIGHT (kg.)	195
TEMPERATURE RISE(°C)	45/55	TOTAL WEIGHT (kg.)	710

	H.V		L.V.		Off load tap changer
POS	VOLTAGE(V)	CURRENT (A)	VOLTAGE(V)	CURRENT (A)	
1	33825	0,853			5 - 4
2	33000	0,874	415	69,560	3 - 5
3	32175	0,897			6 - 3
4	31350	0,920			2 - 6
5	30525	0,945			7 - 2

CONNECTION DIAGRAM

B
A C

C B A
c b a n

b
n c
a

MADE IN TÜRKİYE

ELVIM

HELLENIC ELECTROMECHANICAL COMPANY

DISTRIBUTION TRANSFORMER

INSULATION BIL	KV	95	PHASES		1
FREQUENCY		50	KVA		15
RATED H.V.	V	11000	MAX WDG RISE	°C	55
RATED L.V.	V	240	OIL VOLUME	Lt	63
H.V. CURRENT	A	1.36	MANUFACT. YEAR		1992
L.V. CURRENT	A	62.5	COIL MAT.		Cu
IMPEDANCE	%	4.65			
TYPE OF COOLING		ONAN			
TOP OIL TEMP. RISE	°C	50			
TOTAL MASS	Kg	[illegible]			
CORE & COIL MASS	Kg	[illegible]			

SERIAL NO. T. [illegible] 92-0016

PROPERTY OF
JORDAN ELECTRICITY AUTHORITY

TENDER: 51/91
ORDER: JEAFPO 2017091

L.V. SIDE

a1 a2

A1 A8

A2 A3 A4 A5 A6 A7

H.V. SIDE

TAP CHANGER

POSITION	VOLTAGE
1	11550
2	11275
3	11000
4	10725
5	10450

DISCONNECT TRANSFORMER FROM ALL VOLTAGE SOURCES BEFORE OPERATING TAP CHANGER

توصيل المحولات على التوازي:

لتغطية بعض الأحمال الكبيرة أو لضمان استمرارية المصدر الكهربائي عند حدوث عطل كهربائي,
يتم توصيل محولين أو أكثر على التوازي . إذا تم ضمان بعض الشروط التالية يتم تقاسم الأحمال ما بين المحولات.

الشروط:

1.Sme primary secondary voltage

تساوي الفولتية الابتدائية والثانوية

2. In 3 phase transformer , the same phase rotation(voltage sequence and same phase shift) i.e. same vector group.

في المحولات ثلاثية الأطوار يجب تماثل تعاقب الأطوار و تماثل مجموعة التوصيل

3.Same turns ratio

تماثل نسبة التحويل

4.Same percentage impedance

تساوي الممانعة النسبية

في حالة لم يتحقق الشرطين الأول و الثاني, التوصيل التوازي غير ممكن.
إذا لم يتم تحقيق الشرط الثالث يسري circulating current بين المحولين. مما يؤدي إلى تسخين زائد للمحول وبالتالي نقصان عمر المحول.
إذا لم يتم تحقيق الشرط الرابع فان تساوي الأحمال ما بين المحولات لا يتم, إذ يحمل محول ما بقيمة اكبر من غيره.
إذا لم تتساوى percentage impedance

$$I_A = I_L \frac{(KVA_A)/\%Z}{\frac{(KVA_A)}{\%Z_A} + (KVA_B)/\%Z_B}$$

$$I_A = I_L \frac{(KVA_A)/\%Z_A}{\frac{KVA_A}{\%Z_A} + \frac{KVA_B}{\%Z_B} + \frac{KVA_C}{\%Z_C} + \cdots \ldots\ldots}$$

References Supporting this papers:

1. Power Transformers Principles and Applications, by John J. Winders, Jr.*PPL Electric Utilities Allentown, Pennsylvania*
2. FACILITIES INSTRUCTIONS, STANDARDS, AND TECHNIQUES VOLUME 3-31 TRANSFORMER DIAGNOSTICS
3. POWER TRANSFORMERS IN AND OUT
4. UNDERSTANDING TRANSFORMERS
5. Transformer Handbook Business Unit Transformers Power Technologies Division, ABB
6. TRANSFORMER PROTECTION , AREVA Co
7.Transformers , ETC, NEPCO